2022-02-04
Version 2.0

Förstudie biokolproduktion

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Författare
Jacqueline Hellmann, Mattias Gustafsson och Lotta Ek
EcoTopic AB

Hemsida	Telefon	E-mail	Postadress
www.ecotopic.se	076-2436548	lotta@ecotopic.se	Dragtorpsvägen 27
	073-7651448	mattias@ecotopic.se	618 32 Kolmården

VISIT…

LANZAROTE

Caliente.COM

Innehåll

1 Inledning 5

1.1 Bakgrund 5

1.2 Syfte 5

1.3 Frågeställningar 5

1.4 Avgränsningar 6

1.5 Metod 6

1.5.1 Om EcoTopic AB 6

1.5.2 Informationsutbyte och kommunikation 6

1.5.3 Arbetsgång 7

1.5.4 Tidplan 7

2 Om biokol 9

2.1 Kolsänka 9

2.2 Förkolning 10

2.3 Biomassa 11

2.4 Kvalitet och certifiering 12

2.4.1 För- och nackdelar med certifiering 13

2.5 Användningsområden 14

2.5.1 Forskning 14

2.6 Biokol som kolsänka 15

2.7 Marknaden 15

2.7.1 Teknikleverantörer 16

2.7.2 Biokolproducenter 16

2.7.3 Biokolanvändare 16

2.7.4 Prisbild för biokol 17

2.7.5 Medskick 17

3 Avsättning för värme 17

3.1.1 Torka biomassa 18

3.1.2 Uppvärmning av annan verksamhet 18

3.1.3 Elproduktion 18

4 Biomassa för SLU:s biokolproduktion 19

4.1 Halm för biokolproduktion 21

4.2 Rester från skogsbruk för biokolproduktion 21

4.3 Djupströbädd och rötrester för biokolproduktion 21

Hemsida	Telefon	E-mail	Postadress
www.ecotopic.se	076-2436548	lotta@ecotopic.se	Dragtorpsvägen 27
	073-7651448	mattias@ecotopic.se	618 32 Kolmården

4.4 Gödsel från UDS och KV för biokolproduktion ... 22
4.5 Park- och trädgårdsris för biokolproduktion ... 23
4.5.1 Stockholm Vatten och Avfall ... 23
4.5.2 Telge Återvinning ... 23
4.6 Flis för biokolproduktion ... 23
5 Krav på site för biokolproduktion ... 24
5.1 Kriterier från SLU ... 24
5.2 Siter ... 25
6 Introduktion till biokolteknik ... 28
6.1 Biokolteknik kontinuerlig ... 28
6.1.1 BioMaCon ... 28
6.1.2 Pyreg ... 29
6.2 Biokolteknik batch ... 30
6.2.1 Earth Systems ... 30
6.3 Andra tekniktillverkare ... 31
6.4 Omställning av befintlig panna ... 32
6.5 Kringutrustning ... 33
6.5.1 Inmatningsutrustning ... 33
6.5.2 Tork ... 34
6.5.3 Efterbehandling ... 34
7 Beskrivning av eventuella tillstånd ... 35
7.1 Bygglov ... 35
7.2 Skorstenens höjd ... 35
7.3 Miljöprövning för biokolpanna ... 35
7.4 Lagen om offentlig upphandling ... 35
7.5 Övrigt ... 35
8 Mervärden egen biokolproduktion ... 36
8.1 Biokolproduktion som underlag för SLU:s forskning ... 36
9 Alternativ till egen biokolproduktion ... 36
9.1 Köp av biokol inklusive kolsänka ... 36
9.2 Köp av kolsänkecertifikat ... 37
9.3 Köp av kolkontrakt ... 37
9.4 Mervärden med alternativ till egen produktion ... 37
9.5 Samarbete med extern part för biokolproduktion ... 37

9.5.1 Mervärden ... 37
10 Kostnadskalkyl baserad på budgetpriser ... 38
10.1 Fördjupande case ... 38
10.1.1 Lövsta Bläckhornet ... 38
10.1.2 Alnarp ... 39
10.1.3 Ultuna ... 39
10.2 Finansieringsstöd ... 40
10.2.1 SLU:s förutsättningar för investeringsstöd från Klimatklivet ... 40
11 Nästa steg ... 40
12 Referenser ... 41

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) har som mål att bli en klimatneutral verksamhet senast år 2027 (SLU, 2017). För att nå målet har sex fokusområden arbetats fram varav ett handlar om klimatkompensation. Inom ramen för klimatkompensering har SLU identifierat åtminstone två handlingsalternativ. Det första alternativet handlar om att köpa in biokol och sprida på egna marker.[1] Det andra alternativet handlar om att starta biokolproduktion, möjligen baserad på bi- och restprodukter och från den egna verksamheten. Inom ramen för den här förstudien utreds båda handlingsalternativen med syfte att tillhandahålla SLU ett underlag för beslutsfattande i frågan.

Intresset för biokol hos forskare på SLU bedöms vara stort och växande, och man vill kunna figurera som Sveriges ledande expertorganisation på området. På startmötet för förstudien redogjordes för den interna remissrunda på SLU som ägt rum innan sommaren 2021 där attityden gentemot biokol varit övervägande positiv. Hos en del av de svarande ansågs det fördelaktigt att producera eget biokol, framför inköp av detsamma, då det kan möjliggöra för SLU att gå i bräschen och bli en förebild för annan offentlig verksamhet. Samtidigt ser man fram emot inte bara klimatnyttan, utan även biokolets bidrag till forskning, utbildning och dess potential att fungera som jordförbättrare inom hållbart lantbruk. Viss oro uttrycks för möjligheten att uppnå kostnadseffektivitet och för investeringskostnaden samt för att volymen biokol potentiellt skulle bli för stor för att hantera på ett hållbart sätt i samband med egen produktion. Samtliga områden berörs i den här förstudien.

Ambitionen är vidare att förstudien beskriver tillräckligt av de nyttor och mervärden som finns kopplat till biokolproduktion för att kunna utgöra underlag för motivering av SLU:s eventuella beslut att satsa på egen biokolproduktion. I egenskap av myndighet måste SLU kunna motivera sina investeringsbeslut.

1.2 Syfte

Syftet med förstudien är att åskådliggöra SLU:s möjligheter och förutsättningar att starta biokolproduktion för att nå verksamhetens mål att bli klimatneutral år 2027. Detta handlingsalternativ jämförs bland annat med att istället köpa in biokol och/eller kolsänkan från biokolproduktion för att nå samma klimatmål. Målet med förstudien är att den ska utgöra ett underlag för beslutsfattande i frågan om huruvida SLU ska investera i egen biokolproduktion. Underlaget innefattar en kartläggning av SLU:s siter, tillgänglig biomassa och beskrivning av biokoltekniker samt tillhörande budgetkalkyler för olika, av SLU:s representanter, utvalda case. Underlaget är framtaget med hänsyn till att satsningen ska lämpa sig och passa väl in i SLU:s ordinarie verksamhet och intressen.

1.3 Frågeställningar

Nedan listas de frågeställningar som behandlas i förstudien.

- Vad är biokol, vad gäller för certifiering och hur ser marknaden för biokol ut?
- Vilken biomassa finns tillgänglig och är lämplig för SLU:s biokolproduktion?
- Vilken biomassa finns tillgänglig och är intressant vid inköp av biomassa för SLU:s biokolproduktion?

[1] Notera att klimatkompensation vid inköp av biokol enbart uppfylls då kolsänkan medföljer. Detta berörs närmare i avsnitt 9 Alternativ till egen biokolproduktion.

- Vilka krav ställs på placering av biokolproduktion och vilka kriterier finns från SLU:s sida?
- Vilka förutsättningar har SLU:s olika siter för biokolproduktion?
- Vilken biokolteknik kan vara intressant för SLU?
- Vilka tillstånd behövs för SLU:s biokolproduktion?
- Vilka mervärden från egen biokolproduktion finns för SLU, t ex anknytning till forskning, utbildning, kommunikation, miljö?
- Vilka alternativ till egen biokolproduktion finns för SLU och vilka mervärden gäller?
- Hur ser en initial budgetkalkyl ut för att investera i egen biokolproduktion?
- Vad är SLU:s förutsättningar för investeringsstöd från Klimatklivet?

1.4 Avgränsningar

Nedan listas de avgränsningar som skapar ramverket för förstudien.

- Förstudien tas fram i samarbete mellan SLU och EcoTopic, där bägge parter inkommer med den information som behövs för att färdigställa förstudien.
- Nödvändig information insamlas från SLU:s utvalda representanter.
- Vid beskrivning av siter för biokolproduktion är det en förutsättning att SLU inkommer med korrekt och relevant information vilken efterfrågas av EcoTopic då EcoTopic i ett startskede ej har möjlighet att besöka platserna.
- Nämnda biokolpannor i budgetkalkyl är anpassat till urvalskriterierna och bör ses som exempel på lämplig biokolteknik. Med tanke på den snabbt utvecklande marknaden kan fler alternativ uppkomma efter inriktningsbeslut och/eller i samband med en fördjupande studie. Slutligt beslut om modell av panna bör tas i ett senare steg.
- Priser och beräkningar kopplat till fördjupande case inkluderas i princip inte i rapporten utan finns i bilagor.
- Budgetkalkylen baseras på erfarenhetsvärden från liknande projekt och bör ses som en fingervisning med syfte att fungera som underlag för vidare beslutsfattande. Tomma poster i budgetkalkylen kan förutsätta beslutsfattande som ligger utanför ramen av den här förstudien. Därför ska budgetkalkylen i det här skedet ses som en indikation, inte som en investeringskalkyl. Vid önskemål om framtagning av det senare tas beslut tillsammans med EcoTopic om en sådan process vilken förutsätter mer djupgående planering av projektet.
- Förstudien avser utgöra ett beslutsunderlag, inte ett investeringsunderlag.

1.5 Metod

1.5.1 Om EcoTopic AB

Förstudien tas fram av EcoTopic AB som har varit konsulter i biokolprojekt sedan 2012. EcoTopic har bland annat varit projektledare för Stockholm Biochar Project (Stockholm VA, 2019), stått för utredning och projektstöd i investeringsprojekt för Telge Återvinning (Telge Energi, u å), arbetat som teknisk konsult för Stockholm Exergi (Stockholm Exergi, 2020) samt initierat och bistått i processen att få biokol godkänt i ekologisk produktion inom EU (EUR-Lex, 2019).

1.5.2 Informationsutbyte och kommunikation

Förstudien baseras på forskning, erfarenhetsvärden samt information från samtal, e-mail och möten. Ingående parter ansvarar för att angiven information är korrekt så till vida att den kan utgöra grund för förstudien i fråga.

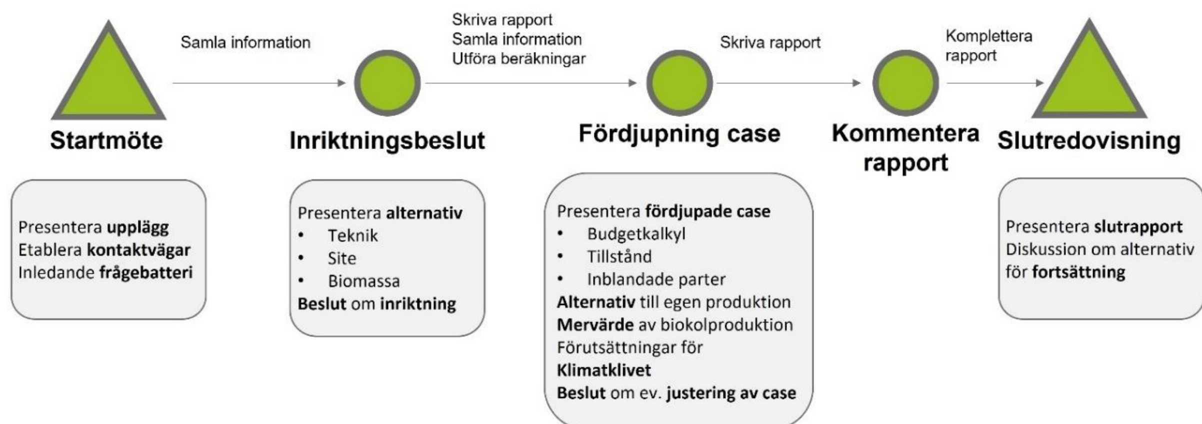
Vid startmötet över Zoom den 10 september deltog Andreas Forsberg (Enhetschef, Fastighetsdriften, SLU), Camilla Källman (Miljökoordinator, SLU), Cecilia Sundberg (Universitetslektor, inst. för lantbrukets teknik och system, SLU), Jacqueline Hellmann (Trädgårdsingenjör, EcoTopic), Johanna Sennmark (Miljöchef, SLU), Karin Bäckman (Miljökoordinator, SLU), Lotta Ek (VD EcoTopic & Biokolprodukter Global), Martin Melkerson (Universitetsdirektör, SLU), Mattias Gustafsson (Vice VD EcoTopic & Biokolprodukter Global), Peter Thorén (Lantbrukschef, Lantbruksdriften, SLU) och Petter Åkerblom (Universitetslektor, inst. för stad och land, SLU). I samband med startmötet klargjordes för bakgrunden till förstudien, kontaktvägar samt format på kommunikationen under arbetsprocessen. Startmötet berörde även tidplan för förstudien, siter för eventuell biokolproduktion, biomassa och teknik.

Huvudsakliga kontaktpersoner hos SLU identifierades vid startmötet vara Peter Thorén samt Andreas Forsberg. Inom respektives område har en stor del av informationsutbytet därför skett mellan dessa nyckelpersoner och EcoTopic. Som koordinator har all e-mailkommunikation sänts i kopia till Camilla Källman.

Kommunikation mellan ingående parter under förstudien har företrädesvis skett över e-email, alternativt med e-mail som komplement till telefonsamtal för att bekräfta vad samtal kommit fram till. Efter möten har utbyte av minnesanteckningar och/eller dokument som använts under mötesföredrag delats via e-mail. Google-kopplade plattformar, Teams eller liknande fildelningssiter har inte brukats.

1.5.3 Arbetsgång

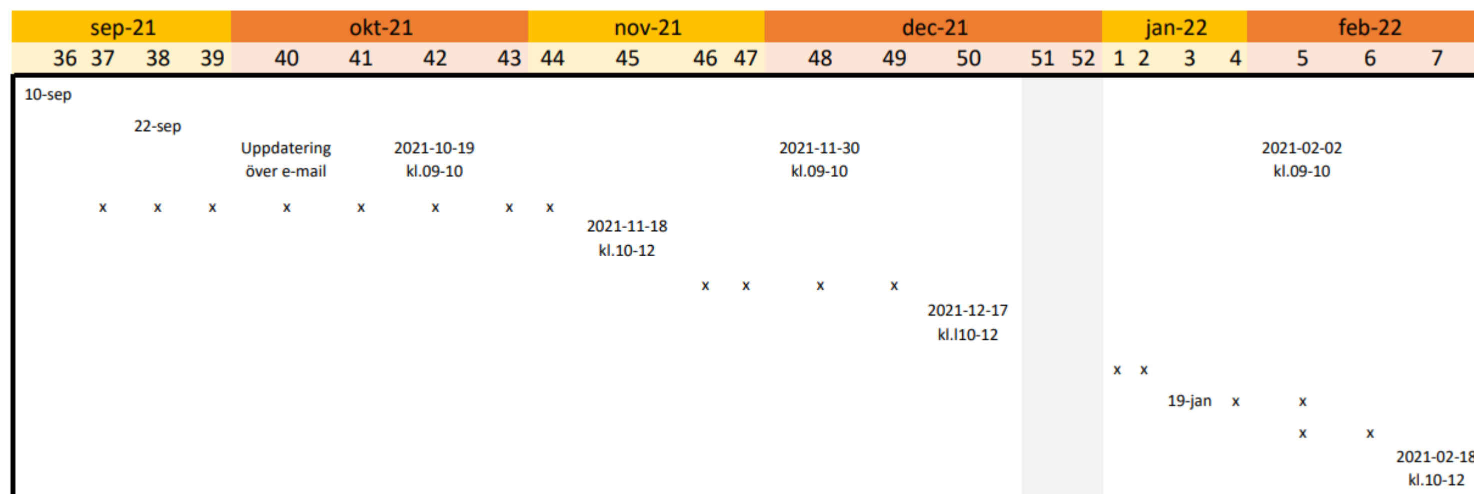
I samband med startmötet den 10 september redogjordes för den arbetsgång som ligger till grund för framtagning av förstudien (se figur 1 nedan).



FIGUR 1: ARBETSPROCESSEN FÖR FRAMTAGNING AV SLU:S FÖRSTUDIE (ECOTOPIC AB).

1.5.4 Tidplan

På startmötet den 10 september bestämdes att EcoTopic återkommer med en tidplan för genomförandet av förstudien, vilken godkändes 1 oktober (se figur 2). I stora drag följde arbetet den planerade tidplanen.



Tidplan förstudie SLU	sep-21				okt-21				nov-21				dec-21					jan-22				feb-22		
	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7
Startmöte	10-sep																							
Introduktionsföreläsning			22-sep																					
Statusmöten					Uppdatering över e-mail		2021-10-19 kl.09-10						2021-11-30 kl.09-10									2021-02-02 kl.09-10		
Insamling av information		x	x	x	x	x	x	x	x															
Inriktningsbeslut										2021-11-18 kl.10-12														
Skriva rapport, samla information & utföra beräkningar											x	x	x	x										
Presentera fördjupade case															2021-12-17 kl.l10-12									
Skriva rapport																		x	x					
Utskick av rapport för kommentarer																				19-jan	x	x		
Komplettera rapport																						x	x	
Slutredovisning																								2021-02-18 kl.10-12

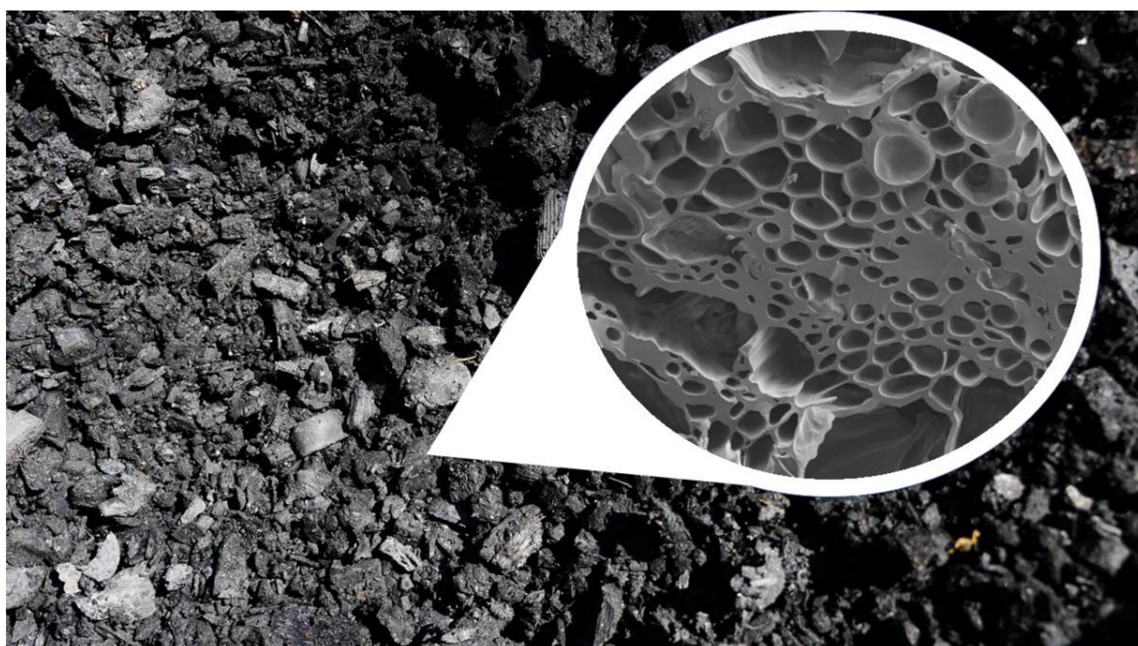
Figur 2: Tidplan över moment för framtagning av SLU:s förstudie (EcoTopic AB).

Del 1: Introduktion till biokol

2 Om biokol

Biokol är förkolat växtmaterial och en produkt med många möjliga nyttor, varav den mest traditionella är som jordförbättrare tack vare att biokol håller vatten, näringsämnen och främjar mikroorganismer (Parmar, Nema, & Agarwal, 2014). Riktlinjer och en definition för vad som får klassas som biokol har tagits fram av Ithaka Institute inom ramen för den europeiska certifieringssystemet för biokol, European Biochar Certificate (EBC). Syftet är att säkra att produktionen och produkten sker respektive används på ett hållbart och säkert sätt. Definitionen för vad biokol är enligt EBC lyder:

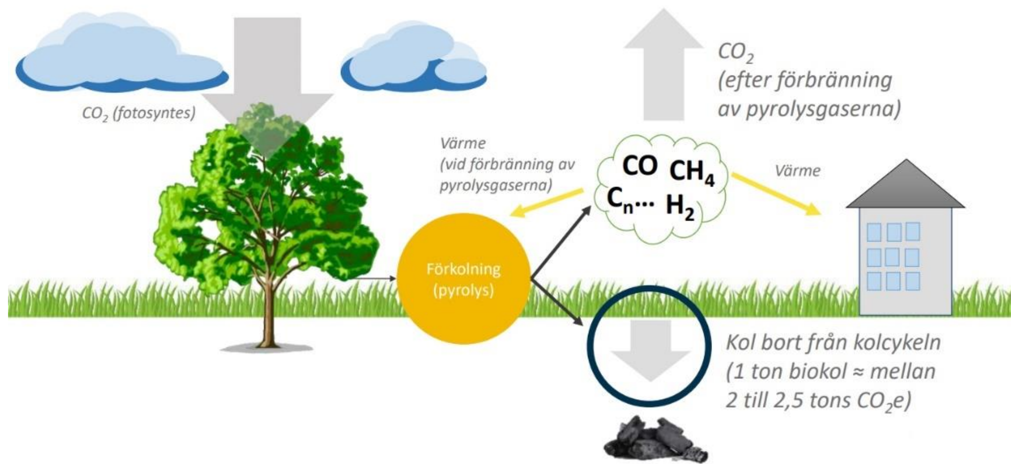
> Biokol är ett poröst, kolhaltigt material som produceras genom pyrolys av växtbiomassor och appliceras på ett sådant sätt att det inneslutna kolet förblir lagrat som en långvarig kolsänka eller ersätter fossilt kol vid industriell tillverkning. Det är inte gjort för att brännas för energiproduktion (EBC, 2012). (Fri översättning från engelska.)



FIGUR 3: VISAR BIOKOL FRÅN TRÄFLIS OCH EN MIKROSKÅPBILD PÅ BIOKOLETS PORÖSA STRUKTUR (FOTO: ECOTOPIC AB; MIKROSKÅPBILD: BIOCHAR PROJECT, U Å).

2.1 Kolsänka

År 2018 klassade FN:s klimatpanel Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) biokol som en Negative Emission Technology tack vare dess höga motståndskraft mot nedbrytning (Schmidt, 2018). När biokolet blandas i jord innebär det att grundämnet kol som tidigare funnits som koldioxid i atmosfären låses ned i hundratals till tusentals år (Wilson, 2014). Biokol är ett av få enkla sätt att minska atmosfärens koldioxidhalt och därmed motverka klimatförändringarna. Det har även fördelen att kunna produceras i alla olika skalor, från individ till industriell skala.



FIGUR 4: TILLVERKNING AV BIOKOL INNEBÄR ATT EN DEL AV KOLET SOM BIOMASSAN EN GÅNG TAGIT UPP SOM KOLDIOXID STABILISERAS OCH KAN LÅSAS NED FRÅN ATMOSFÄREN (ECOTOPIC AB).

2.2 Förkolning

Biokol tillverkas genom en förkolningsprocess, så kallad pyrolys, som innebär upphettning av biomassa till mellan 350 och 1000 °C med begränsad tillgång till syre (EBC, 2012). En teknik som producerar biokol genom upphettning i syrefattig miljö kallas biokolpanna. Under uppvärmningsprocessen avdunstar flyktiga ämnen från biomassan; så kallad pyrolysgas eller syntesgas. Det återstående kolrika materialet tillsammans med rester av bland annat väte (H), syre (O), fosfor (P), svavel (S) och aska bildar grafitkristaller av aromatiskt kol som i jorden kan stå emot nedbrytning i tusentals år (Karlsson, 2019). Mängdförhållandet mellan kol och aska i biokolet beror bland annat på vilken biomassa och vilken temperatur som använts (Ibid).



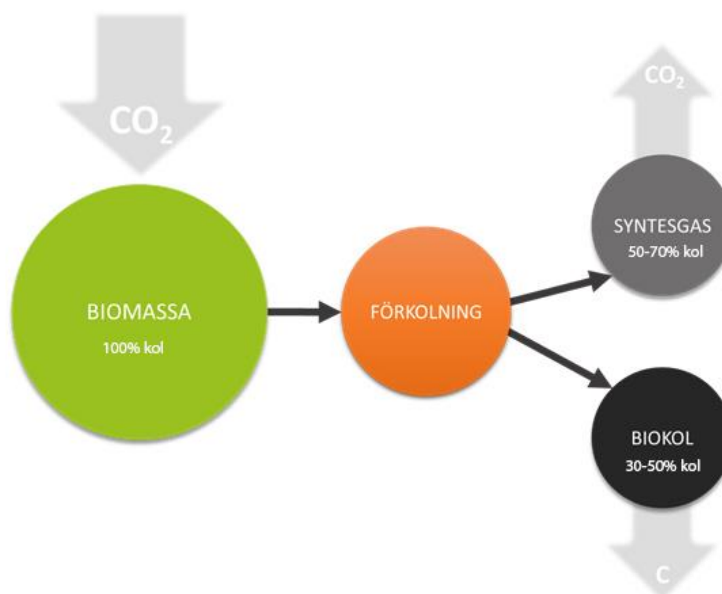
FIGUR 5: VISAR EN MYCKET ENKEL PROCESS FÖR HUR BIOKOL BLIR TILL GENOM ATT BIOMASSA HETTAS UPP I EN SYREFATTIG MILJÖ, I DETTA FALL EN PLÅTBURK MED HÅL I (FOTO: ECOTOPIC AB).

För att starta förkolningsprocessen krävs extern startenergi; till exempel el, biomassa eller gas, men när processen är i gång drivs den av sig själv. Detta tack vare att förkolningsprocessen är exoterm vilket innebär att den producerar energi som delvis används för att driva processen och delvis skapar ett överskott. Gasen och aerosoler som avgår i upphettningen består huvudsakligen av kolmonoxid (CO), vätgas (H_2), metangas (CH_4), koldioxid (CO_2), kvävgas (N_2) samt vattenånga (Joseph, Taylor, & Cowie, u å). Gasfraktionen måste i enlighet med EBC nyttjas och nationella gränsvärden för utsläpp måste

Hemsida	Telefon	E-mail	Postadress
www.ecotopic.se	076-2436548	lotta@ecotopic.se	Dragtorpsvägen 27
	073-7651448	mattias@ecotopic.se	618 32 Kolmården

efterföljas (EBC, 2012). Pyrolysgasen kan användas till olika applikationer men det vanligaste är att den förbränns till värme.

Under förkolningsprocessen förgasas ca 50–70 % av biomassans kol och går ut i pyrolysgasen. Resterande mängd kol stabiliseras i biokolet (se figur 6) (Schmidt, Hagemann, Abächerli, Leifeld, & Bucheli, 2021). Fördelningen av kol mellan syntesgas och biokol kan variera beroende på till exempel biomassa och specifik teknik.



FIGUR 6: SCHEMATISK BILD PÅ BIOMASSANS KOLFÖRDELNING UNDER FÖRKOLNINGSPROCESSEN (ECOTOPIC AB).

Biokolpannor finns i varierande storlek och utformning samt med olika tekniska lösningar. Storleken varierar från småskalig hemmapanna till container och industriella anläggningar.

2.3 Biomassa

Biokol kan göras av en stor mängd ren och hållbart erhållen biomassa. Enligt EBC tillverkas biokol i dagsläget från växtmaterial (EBC, 2012). Det exkluderar exempelvis gödsel, vissa slags rötrester, ben och avloppsslam. Mer om EBC och biomassa i avsnitt 2.4 Kvalitet och certifiering, nedan.

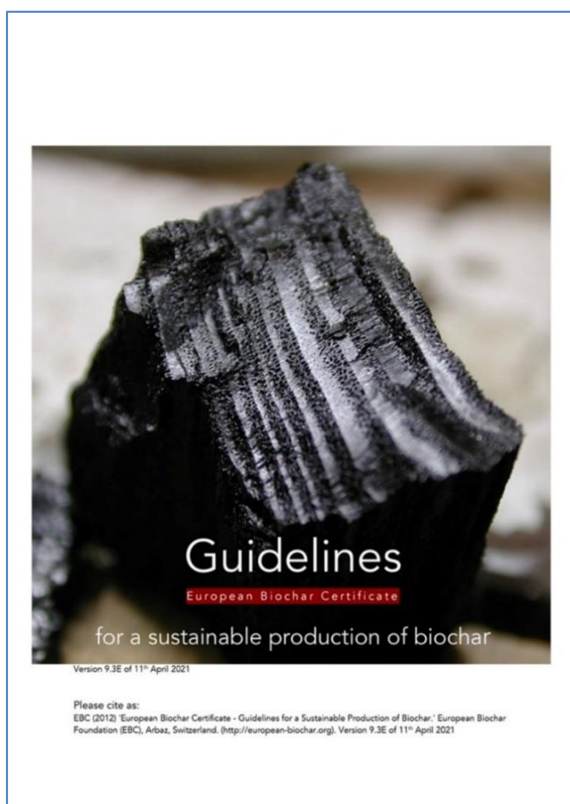
Några egenskaper som varierar beroende på biomassa (men även bland annat framställningstemperatur och uppehållstid) är biokolmängd, kolkoncentration, askhalt, katjonbyteskapacitet (förmåga att binda bland annat näringsämnen), pH, specifik yta och porstorleksfördelning (Tomczyk, Sokolowska, & Boguta, 2020). Exempel på biokol av hampabriketter och olivkärnor syns i figur 3 nedan.



FIGUR 7: FRÅN VÄNSTER: BIOKOL AV HAMPABRIKETTER OCH OLIVKÄRNOR (FOTO: ECOTOPIC AB).

2.4 Kvalitet och certifiering

Det finns två etablerade internationella certifieringssystem för biokol; EBC (European Biochar Certificate) och IBI Standard. EBC är bättre anpassad till europeiskt regelverk än IBI Standard, som är en global certifiering, och den förra har numer en svensk bilaga utvecklad av EcoTopic i samråd med partners i det Vinnovafinansierade projektet Rest till Bäst. Bilagan tar hänsyn till svenska krav och regelverk.



FIGUR 8: EUROPEAN BIOCHAR CERTIFICATE (EBC, 2012).

EBC ställer krav på ingående biomassa, förkolningsprocessen och biokolet. Redan idag finns svenska användare av biokol som ställer kravet att de endast köper EBC-certifierat biokol. Vid köp av biokol bör man alltid begära att få se analyser. EBC listar godkända typer av växtmaterial men dessa ska ses som förslag (EBC, u å). Den generella inriktningen är att om biomassan är ren, det vill säga obehandlad av kemikalier och innehåller låga halter av tungmetaller, samt är hållbart producerad är den godkänd. Har man en biomassa som inte finns listad i certifieringen kan man göra en ansökan till EBC, som då gör en bedömning av om biomassan kan godkännas (EBC, 2012).

Avloppsslam inkluderas alltså exempelvis inte i EBC. Branschen diskuterar och gör försök på förkolning av slam; en metod med flera fördelar men det är inte självklart att produkten bör kallas för biokol. Strukturen och stabiliteten hos biokol inverkar på dess potential att fungera som en långvarig kolsänka och påverkas till stor del av biomassans innehåll av

lignin, cellulosa och hemicellulosa (Deng, Xiong, Wang, Zheng, & Wang, 2016). Dessa komponenter finns inte i tillräckligt hög utsträckning i avloppsslam för att det utgående kolet ska likna det biokol som genereras från växtbiomassor (Sun, o.a., 2017). För branschens utveckling är det viktigt att kunna räkna med att en produkt som kallas biokol besitter vissa grundläggande egenskaper kopplat till exempelvis kolinnehåll och nedbrytningshastighet vilket i sin tur påverkar beräkningar kring biokolets kolsänka. Därför kan det tyckas vara en god idé att låta kol från avloppsslam gå under ett annat produktnamn än biokol.

För biokolet har EBC ytterligare riktlinjer och gränsvärden kopplat till specifikt applikationsområde (i foder, odlingssammanhang eller som materialkomponent) (EBC, 2012). Dessa rör exempelvis typ av biomassa, eventuella rester av toxiner, tungmetaller eller andra material och föroreningar.

När det gäller användningen av biokol som jordförbättringsmedel inom EU finns biokol med under komponentmaterialkategorin ”pyrolys och förgasningsmaterial” den nya europeiska gödselförordningen som träder i kraft sommaren 2022.[2]

2.4.1 För- och nackdelar med certifiering

Arbetsbördan blir initialt tyngre med en certifiering av produkten men det möjliggör på sikt ett antal fördelar, exempelvis ökad trovärdighet, efterfrågan och hållbarhet. Tabellerna nedan listar några av de mest centrala för- respektive nackdelarna med att som biokolproducent certifiera sin produkt.

TABELL 1: REDOGÖR FÖR FÖRDELARNA MED ATT CERTIFIERA BIOKOL.

Fördelar		
Faktor	**Effekt**	**Kommentar**
Marknaden efterfrågar certifiering	Bättre ekonomiska förutsättningar. Kan öka efterfrågan.	Kompenserar delvis för de nackdelar som en certifiering kan medföra.
Cert. av kolsänka – ett krav för kolsänkehandel	Pålitlig kolsänkehandel möjliggörs enbart i de fall kolsänkan är certifierad.	EBC C-sink krävs för att kunna sälja sin kolsänka via trovärdig plattform.
Kvalitetsgaranti	Bidrar till kontroller och trovärdighet för en nyutvecklad bransch. Färre missförstånd kring produkten.	Vid produktion av stora mängder biokol som tillförs jord är det bra att veta vilket biokol som finns var.
Förtroendeingivande	Ökad konkurrenskraft	Producenten ges bättre anseende hos konsument.
Personalens delaktighet i kvalitetsarbetet	Ökar kunskap och förståelse hos personalen	Engagerade parter ges möjlighet till inflytande och påverkan i en nyutvecklad bransch.
Välorganiserad dokumentation	Bättre resultat	Produktionen kontrolleras vilket möjliggör ett resultatorienterat förbättringsarbete.

[2] Mail med Jordbruksverket Johannes Eskilsson, Växtnäringshandläggare Miljöregelenheten, Jordbruksverket, 02-02-2022.

Hemsida
www.ecotopic.se
Telefon
076-2436548
073-7651448
E-mail
lotta@ecotopic.se
mattias@ecotopic.se
Postadress
Dragtorpsvägen 27
618 32 Kolmården

TABELL 2: REDOGÖR FÖR NACKDELARNA MED ATT CERTIFIERA BIOKOL.

Nackdelar		
Faktor	**Effekt**	**Kommentar**
Tung administration	Kostnad	Certifieringsprocessen innebär mycket arbete som är kostnads- och tidskrävande.
Certifieringen blir målet	Fokusförskjutning	Fokus på certifieringen kan ta tid och engagemang bort från produkten.

2.5 Användningsområden

Biokol har traditionellt gjort sig känd som jordförbättrare tack vare egenskaper som bland annat hög porositet. Biokol kan öka jordens närings- och vattenhållande förmåga, främja mikroorganismer, påverka pH – ofta med en kalkande effekt, minska jordens växthusgasutsläpp, minska biotillgängligheten av tungmetaller och tack vare sin porösa struktur kan det öka infiltrationskapaciteten i jorden vilket lindrar effekten från kraftiga regn (Parmar, Nema, & Agarwal, 2014). Biokol är därför ett potentiellt verktyg för att förbättra jordbördighet, grödans kvalitet och uppnå både ökad skörd och hållbar intensifiering av jordbruksproduktionen. Värt att påpeka är att trots att det kommer ut en rad rapporter som vittnar om ökad skördeavkastning finns det också de som rapporterar neutrala eller negativa effekter på skördeavkastningen (Joseph, o.a., 2021). Det är ett antal fysikaliska, kemiska och biologiska parametrar som samverkar i jordprocesser; det är fortfarande mycket som vi inte vet och effekterna från biokolapplicering gör sig ibland gällande först efter några år.

Utöver jordförbättring kan biokol användas som bland annat filtermaterial, fodertillskott och vid ståltillverkning (Gustafsson, 2013). Ithaka Institute tillhandahöll 2012 en lista över 55 olika användningsområden för biokol, bland annat som isolermaterial, i kläder och kosmetika (Schmidt, 2012). Till denna lista kan även nämnas att EcoTopics systerbolag Biokolprodukter har marknadslanserat biokolbetong där ca 50% av utsläppen från betongtillverkningen kompenseras genom med biokolinblandning.

Värt att komma ihåg är att biokol är ett namn för en stor variation av produkter med många olika egenskaper och för varje applikation bör man sträva efter att hitta rätt slags biokol med avseende på biomassa, tillverkningsteknik och eventuell för- eller efterbehandling.

2.5.1 Forskning

International Biochar Initiativ (IBI) kommer månadsvis ut med ett nyhetsbrev och refererar där till nyligen publicerade artiklar om biokol. Antalet nya artiklar ligger då på omkring trehundra och vittnar om ett växande intresseområde (IBI, 2021).

SLU bedriver forskning och utbildning inom många aspekter av produktion och användning av biokol, och dess effekter. Åtminstone ett tiotal disputerade forskare vid SLU bedriver forskning inom olika ämnesområden på alla tre huvudorter och fyra fakulteter: biokol för vattenrening, behandling av förorenad mark, biokolets effekter inom djurhållning, miljö- och klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv, biokolets effekter på energiskogsodling, biokol i urbana växtbäddar, biokolets långsiktiga stabilitet i mark samt biokol i svenskt och tropiskt jordbruk.

Hemsida	Telefon	E-mail	Postadress
www.ecotopic.se	076-2436548	lotta@ecotopic.se	Dragtorpsvägen 27
	073-7651448	mattias@ecotopic.se	618 32 Kolmården

Trots ökat fokus på biokol, framför allt under det senaste decenniet, kvarstår forskning för att klargöra vilket biokol som gör mest nytta i vilket system. Genom en egen biokolproduktion skulle SLU:s förutsättningar för ännu starkare forsknings- och undervisningsfokus på biokol kunna möjliggöras. Hur detta implementeras behöver utredas och bestämmas genom intern samverkan i ett nästa steg.

2.6 Biokol som kolsänka

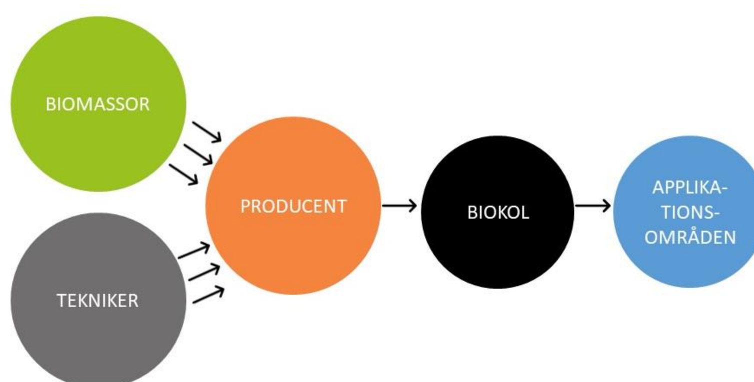
Beroende på vilken biomassa och tillverkningstemperatur biokolet härstammar ifrån kommer det att ges olika egenskaper; inte minst vad gäller stabilitet vilket påverkar biokolets funktion som kolsänka. Förhållandet mellan väte och syre i relation till kol i biokolet (H/C- och O/C-kvot) säger något om dess stabilitet och fysiokemiska egenskaper och mäts i enkla analyser (Budai, o.a., 2013). Enligt EBC får H/C_{org} ej vara högre än 0,7 vilket annars indikerar att materialet är av icke pyrolyserat slag, och O/C_{org} får ej överskrida 0,4 (EBC, 2012).

Då faktorerna som samspelar vid nedbrytning både är komplexa och pågår under mycket lång tid behöver man utgå från en beräkningsmodell för att uppskatta hur länge ett biokol finns kvar i jorden. H/C_{org} metoden i kombination med BC_{+100} index anses vara en funktionell och tillförlitlig metod och går ut på att man genom en förhållandevis enkel analys kan mäta biokolets väte-kol-kvot och jämföra med ett index som talar om hur mycket kol som finns kvar efter hundra år (Söderqvist, 2019). Studier pekar på att 80% av kolet tenderar att vara stabilt efter hundra år i jorden (vid H/C_{org} <0,4) och att biokol från vedartad biomassa är stabilare än övriga (Söderqvist, 2019).

Vid handel av biokol är det viktigt att veta huruvida kolsänkan medföljer då denna kan handlas separat från biokolet. Läs mer under avsnitt 9 Alternativ till egen biokolproduktion.

2.7 Marknaden

Marknaden för biokol och biokolteknik är ung, omogen och i full utveckling. Arbetet med att sätta standarder både för biokol och biokolpannor är påbörjat men ännu i sin linda. Marknaden kan förenklat delas upp i tre huvudaktörer; tillverkare av biokolteknik, biokolproducenter och biokolanvändare. Biokol är i sin tur ett resultat av producentens tillgång på – och val av – biomassa och teknik; faktorer som påverkar biokolets egenskaper och vidare lämpliga applikationsområden, se figur 9.



FIGUR 9: DET PRODUCERADE BIOKOLET ÄR ETT RESULTAT AV PRODUCENTENS TILLGÅNG PÅ BIOMASSA OCH BIOKOLTEKNIK VILKET PÅVERKAR BIOKOLETS EGENSKAPER OCH LÄMPLIGA APPLIKATIONSOMRÅDEN (ECOTOPIC AB).

2.7.1 Teknikleverantörer
De aktörer som bygger biokolpannor är få jämfört med till exempel förbränningspannor. En del företag har utvecklat biokoltekniken som en utökning av sin tidigare verksamhet och har då, även om de är relativt nya inom biokol, lång erfarenhet av företagande. Just nu pågår även initiativ där man ställer om befintliga förbränningspannor till biokolpannor. Andra leverantörer av biokolpannor är nystartade företag, till exempel ett resultat av tidigare forskning. Detta bör tas i beaktan vid upphandlingar och inköp av service eftersom oerfarna och mindre företag kan sakna den erfarenhet och kapacitet som krävs för att uppfylla förhållandevis vanliga krav. Gemensamt är dock att tillverkare av biokolpannor, med ett par undantag, endast har ett litet antal referenspannor. Det finns teknikleverantörer från hela världen. I Sverige finns idag teknik från Tyskland, Frankrike, Finland och Australien. Dock finns det skillnader i regelverk, såsom till exempel CE-märkning, som bör betänkas vid inköp.

2.7.2 Biokolproducenter
I Sverige finns idag ett tiotal kommersiella biokolproducenter av olika storlek och ytterligare ett tiotal planeras. Biokolproduktionen är inte företagets huvudsakliga verksamhet utan bedrivs vid sidan av ett lantbruk, återvinning eller besöksverksamhet. Flera av de svenska producenterna har ursprungligen köpt en biokolpanna som alternativ till annan uppvärmningsteknik. Det nationella investeringsprogrammet Klimatklivet har varit viktigt för att få företag att våga satsa på den nya biokoltekniken. I dagsläget överstiger efterfrågan utbudet och därför importeras biokol från bland annat Finland, Tyskland, Österrike och Baltikum.

Över hela världen finns en lång tradition av att producera kol till bränsle; grillkol. Flera grillkolsproducenter har fått upp ögonen för biokol eftersom det ger dem en möjlighet att sälja de fina fraktionerna som inte lämpar sig till grillkol. Det är dock viktigt att påpeka att produktion av grillkol och biokol kan skilja sig åt, varför det inte är säkert att grillkolresterna lämpar sig som biokol. Det kan till exempel handla om olika krav på temperatur i, och utsläpp från, förkolningsprocessen samt renhet i biomassan.

2.7.3 Biokolanvändare
Intresset och efterfrågan på biokol växer mycket tack vare projekt som fått uppmärksamhet i media och positiva resultat på växtbäddar och i odling, exempelvis Stockholm Biochar Project. Stockholm är den region som använder mest biokol, tack vare Stockholms stads Trafikkontor som har satt som standard att växtbäddar i urban miljö ska innehålla biokol. Det har gjort att fastighetsägare och entreprenörer ställer liknande krav i sina anläggningsarbeten. Stockholms stads trafikkontors goda resultat inspirerar även andra europeiska städer att prova biokol.

Trädgårdsentreprenörerna Green och NCC Ballast är, som entreprenörer för Stockholms Trafikkontor, två större användare. Andra betydande uppköpare av biokol är jordtillverkare som Hasselfors, Rölunda, Econova och Biokolprodukter. De erbjuder sina kunder färdigblandad biokoljord. Plantskolor, växthusodlare och lantbruk kommer att bli stora användare av biokol men det kräver både en översyn av regelverk och att de kan räkna hem priset av biokol över ett längre tidsperspektiv. För urbana applikationer är vanligen storlekskravet på biokolet 0–20 mm men även 0–4 mm förekommer i andra applikationer.

2.7.4 Prisbild för biokol

Eftersom biokolmarknaden är omogen varierar priserna kraftigt. Skälen är främst att beställare saknar kunskap om vad biokol är och att branschen är under snabb utveckling med nya aktörer. Prisbilden kommer att fortsätta förändras beroende på hur efterfrågan utvecklas i jämförelse med produktionen. Dessutom varierar biokolets kvalitet, kolinnehåll, renhet, densitet och så vidare. För att vara säker på vad man betalar för måste man se analysresultat över det specifika biokolet och bedöma dess värde utifrån detta och den applikation man avser.

Ett genomsnittligt pris för biokol i Sverige kan sättas till 5 000–10 000 SEK per ton exkl. transport. Detta motsvarar cirka 1 500–3 000 SEK per kubikmeter men beror av biokolets densitet. Priset är något högre för EBC-certifierat biokol och lägre för rester från grillkolsproducenter. Prisvariationen beror bland annat på skillnader i kvalitet och densitet då svenska marknaden idag säljer biokol i kubik medan man i många andra europeiska länder säljer per ton. Biokolprodukter som säljs i små förpackningar riktade mot privatpersoner har ett betydligt högre pris, 12 000–40 000 SEK/ton.

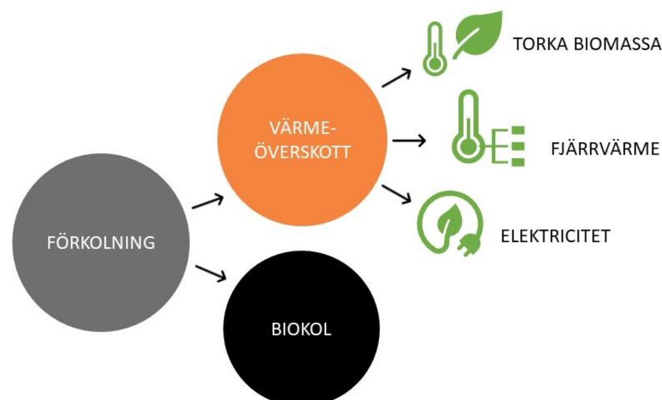
I dagsläget växer intresset för biokol snabbt. Det intressanta är att det utöver växt- och odlingsverksamheter finns helt andra branscher som ser användningsområden för biokolet. Exempel på dessa branscher är byggmaterial och förorenad mark. En kraftigt ökad efterfrågan kan resultera i att priset på biokol höjs om produktionen inte ökar i samma takt. I dagsläget finns planer på en mångdubbling av biokolproduktionen i Sverige inom de närmaste 2–5 åren. Även utländska biokolproducenter kan bidra till att sänka priset på biokol. Utveckling av standarder och regelverk kring biokol samt större efterfrågan på EBC-certifierat biokol kan dock ha motsatt effekt. Delar av det som idag säljs som biokol kommer då inte längre uppfylla kriterierna för vad marknaden efterfrågar.

2.7.5 Medskick

Det är viktigt att förstå att marknaden för biokol i Sverige fortfarande är ung och under utveckling. Det innebär att varje producent har ett ansvar att bygga sin egen lokala marknad. SLU har stora möjligheter både genom tillgång till egen biomassa och avsättning för biokol inom egen verksamhet. Notera även att användning av biokol inom verksamhet är en separat fråga från den om kolsänkan då den senare kan handlas separat från biokolet som produkt, mer info under avsnitt 9 Alternativ till egen biokolproduktion.

3 Avsättning för värme

Med hänsyn till resursanvändning och ekonomi är det viktigt att det finns avsättning för den värme som biokolpannan kommer producera, se figur 11. Nedan listas några alternativ för användning av värmen.



FIGUR 10: AVSÄTTNING VÄRME (ECOTOPIC AB).

3.1.1 Torka biomassa

Oavsett vilken biokolpanna som används ställs alltid krav på biomassans fukthalt. Biomassa med hög fukthalt gör att förkolningsprocessen tar betydligt längre tid eftersom processen först måste torka bort fukt. Alternativ teknik för torkning av biomassan presenteras senare i denna rapport.

3.1.2 Uppvärmning av annan verksamhet

Beroende på val av placering kan uppvärmning av annan verksamhet vara möjlig. En kontinuerlig biokolpanna är ett alternativ till annan uppvärmningsteknik alternativt kan den kopplas till fjärrvärmenät, men det kräver en viss kapacitet för att vara ekonomiskt gångbart. Värmen produceras genom att pyrolysgasen förbränns. En batchvis biokolpanna kan också användas för uppvärmning men det kräver ett värmebatteri som till exempel en ackumulatortank eftersom värmen produceras intermittent.

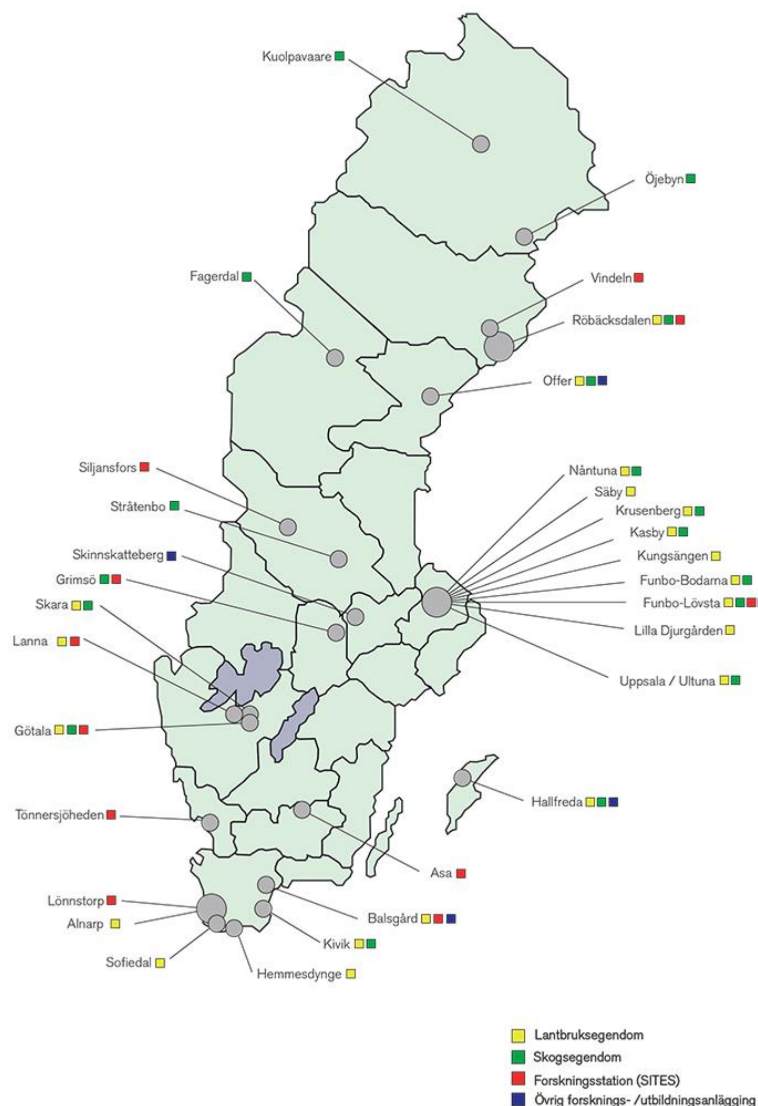
3.1.3 Elproduktion

Det kan vara lättare att hitta avsättning för el än för värme. Det finns flera biokolprojekt där man försökt producera el från syntesgasen eller värme med hjälp av olika tekniker. Dock är det endast stora biokolanläggningar där elproduktionen är mer beprövad som har slagit väl ut. De mindre biokolpannorna som producerar elektricitet har problem med lönsamheten.

Det finns några, om än unga, tekniker för att göra om lågtempererad värme till el. Againity och Climeon kan vara intressanta att kolla mer på. Earth Systems berättar också att de har kontakt med ett kinesiskt företag som har en lovande teknik för elproduktion.

Del 2: Förstudie biokolproduktion, SLU

SLU:s verksamhet är spridd över stora delar av landet (se figur 11) varför en bred kartläggning gjorts över tillgänglig biomassa och lämpliga siter för biokolproduktion.[3] Denna kartläggning redogörs för i Del 2 av förstudien och ligger vidare till grund för vilken teknik som bedöms lämplig för SLU:s egen biokolproduktion.



Figur 11: Karta över de orter där SLU har verksamhet (SLU, 2021b).

4 Biomassa för SLU:s biokolproduktion

Följande är en redogörelse för den biomassa som finns tillgänglig för SLU:s biokolproduktion i form av egna bi- och restprodukter respektive inköp, se tabell 3.

[3] Information i Del 2 av förstudien har uppkommit i samband med startmötet, statusmöten och samtal med berörda inom SLU.

Hemsida
www.ecotopic.se
Telefon
076-2436548
073-7651448
E-mail
lotta@ecotopic.se
mattias@ecotopic.se
Postadress
Dragtorpsvägen 27
618 32 Kolmården

ECO TOPIC
DO GOOD BE GOOD FEEL GOOD

Tabell 3: Presenterar de biomassor som SLU har tillgång till och som under förstudien har identifierats som intressanta. Färger grönt, orange och rött är en förenklad indikation gällande biomassans lämplighet i förhållande till biokolproduktion.

Utvärderingskrit.	Halm	Grenar & toppar (GROT)	Barkborreskad-ad skog	Djupströbädd & rötrester	Gödsel (UDS)	Park- & trädgårdsris (PoT)	Flis
Egen biomassa?	Ja, Uppsala & Skara (ca 1 000 ton/år)	Ja, Uppsala & Skara	Ja, Uppsala & Skara	Ja, Uppsala	Ja, Ultuna (ca 4 000 ton/år)	Ja, Alnarp & Ultuna (begr. mängder), alt. inköp Uppsala kommun	Ja, Uppsala & Skara, alt. inköp
Vegetabilisk biomassa*	Ja	Ja	Ja	Nej	Blandat	Ja	Ja
Föroreningar	Låg risk	Låg risk	Låg risk	Pot. risk för tungmetaller	Risk för patogener & medicinrester	Risk för orenheter	Låg risk
Behov av förbehandling	Ja, tork & t ex pelletering	Ja, flisning & tork	Ja, flisning	Ja, tork	Ja, tork	Ja, kross och tork	Ja, tork
Värmevärde	Lågt	Högt	Högt	Lågt, kan behöva stödenergi vid start	Medel	Måttligt/högt	Högt
Görs i Sverige?	Nej	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja
Incitament för biokolproduktion	- otillräcklig egen tillgång	+ egen biomassa - högt pris pga konkurrerande avsättning	+ ger avsättning för granbarkborre-ved som finns i överflöd	- lågt värmevärde. Finns befintlig avsättning. Liten mängd biokol ut	+ problemmaterial som behöver hanteras. Höga ekonomiska incitament - gråzon gällande gödselmängd: kan det cert. som biokol?	+ pot. värdehöjning på biomassan - har alt. avsättning	+ delvis egen biomassa & lätt att få tag på (inköp görs redan) - har alt. avsättning
Övrigt	Innovativ förbehandlings-metod krävs	Heterogen biomassa; högre krav på biokolprocess	För låg fukthalt för värmeverk. Lägre efterfrågan än på GROT	Bör ej lagras länge (pga nedbrytning)	Bör ej transporteras till plats med andra djurstallar	Heterogen biomassa; högre krav på biokolprocess	Homogen biomassa genererar smidig produktion

Goda förutsättningar

Mindre bra förutsättningar

Utmanande förutsättningar

*Om ja: kan certifieras som biokol enligt EBC:s definition för biokol (EBC, 2012). Vad gäller rötrester beror det på det specifika material som rötats.

Hemsida www.ecotopic.se
Telefon 076-2436548 073-7651448
E-mail lotta@ecotopic.se mattias@ecotopic.se
Postadress Dragtorpsvägen 27 618 32 Kolmården

Utöver biomassorna i tabell 3 beskrivs spannmålsrester periodvis finnas i överskott inom verksamheten. På grund av att hållbarhetsaspekten i att använda fullvärdigt spannmål för biokolproduktion kan ifrågasättas och det uppstår en konkurrenssituation kring spannmålsrester internt då dessa idag används som substrat till SLU:s biogasanläggning, har spannmål inte övervägts vidare.

4.1 Halm för biokolproduktion

Halm finns i Uppsala kopplat till den lokala djuranläggningen och utgör ibland ett överskott (ca 1 000 ton/år) där nyttig avsättning i dagsläget saknas. Att producera biokol från löshalm är en utmaning på grund av dess flyktiga karaktär som utgör ett hanteringsproblem samtidigt som det inte går att pyrolysera hela balar då biomassan inte förkolas hela vägen igenom. Detta kan indikera att halmen bör pelleteras för enklare och säkrare hantering, vilket skulle kräva utvecklingsarbete.

4.2 Rester från skogsbruk för biokolproduktion

En del av biprodukterna från skogsbruket utgörs av grenar och trädtoppar (GROT). De senaste åren har uttaget kring Uppsala rört sig om 500 m^3s – 1 000 m^3s/år. GROT är en restprodukt från skogsindustrin och kan flisas eller krossas för att vidare användas för att producera fjärrvärme och/eller elektricitet. Biokolproduktion är således inte enda avsättningsmöjligheten för biomassan.

Omkring Uppsala och även Skara finns skog vilken drabbats hårt av granbarkborren. Träden tas ut kontinuerligt men stora mängder skadad skog står fortfarande kvar i Uppsalaregionen och behöver tas ut. Angreppen har pågått i ca tre år och i snitt har ca 1 250m^3fub/år mätts in. Detta bedöms som mycket höga siffror. Angreppen är större än någonsin i Sverige och man ser inte att problemet ska försvinna men till nästa år förhoppningsvis minska något. Det mesta tyder på att klimatförändringarna kommer resultera i att risken för skador fortsätter öka i framtiden men skadebilden beror också på vilken form av skogsbruk som bedrivs (SLU, 2021a).

Biomassan skulle kunna lagras som rundved och flisas vid anläggning vid behov. Det krävs en stor avsättning för denna del av skogen. Barkborreskadad skog är inte lika lämplig som biomassa till värmeverk då dessa är anpassade efter biomassa med en fukthalt på ca 40%. GROT:en innehar ca 35–50% fukt medan barkborreveden tros ha en fukthalt på ca 20–30%. Detta är kompatibel med biokolteknik och skulle kunna indikera att barkborreskadad skog har en mycket lämplig avsättning i form av biokolproduktion.

4.3 Djupströbädd och rötrester för biokolproduktion

Uppsala har utöver halm även tillgång till stora mängder fastgödsel samt rötrester från biogasanläggningen. För Lövsta har SLU ett miljötillstånd som säger att huvuddelen av gödseln från stallarna ska rötas. Biomassan har således redan avsättning och tillstånd för hantering vilket leder till en konkurrenssituation om den ska användas för biokolproduktion.

Gödsel och rötrester innehåller näring som försämras vid biokolproduktion. Det mest av kvävet förloras vid pyrolysen och fosforn kan bli mer svårtillgänglig som växtnäring. Gödsel och rötrester har också ett lägre värmevärde, beroende på torrhetsgrad, vilket kan utgöra en utmaning för biokolproduktion. Exempelvis kan stödenergi behöva tillföras processen utöver startenergi. Generellt kan sägas att nedbrytningsprocessen startar snabbt vilket även gör att materialet tappar ytterligare i värmevärde vid lagring och därför behöver hanteras snabbare. Att skapa en blandning av vedartad

biomassa eller halm med gödsel och rötrester skulle kunna vara en lösning för att få ett högre värmevärde. En utmaning kan vara att få blandningen tillräckligt homogen för att allt material ska förkolas. Olika biokolpannor kan hantera detta på olika sätt.

Det är viktigt att ta analyser på materialet innan man planerar att gå vidare med denna fraktion för biokolproduktion. Koppar och kadmium har från SLU:s sida identifierats som en begränsande faktor när det kommer till avsättningsmöjligheter för rötrester. Beroende på tillverkningsprocess kan mer eller mindre av framför allt kadmiumet framgångsrikt avskiljas från biokolet och vidare omhändertas via rökgaserna, vilket skulle kunna vara en lämplig hanteringsmetod (Rest till Bäst, u å). Biokol från dessa biomassor behöver ej vara en dålig produkt men kan i dagsläget inte klassificeras som biokol enligt EBC då biomassan (undantaget vissa rötrester) ej utgör växtrester (EBC, 2012).

4.4 Gödsel från UDS och KV för biokolproduktion

Universitetsdjursjukhuset (UDS) och Institutionen för Kliniska vetenskaper (KV) i Ultuna producerar förhållandevis stora mängder gödsel från häst och nöt, ca 4 000 ton/år, innehållande en stor andel strö. Materialet anses vara ett problemmaterial då det innehåller patogener och vissa medicinrester vilket ställer särskilda krav på hantering. Gödseln kan inte spridas på SLU:s mark runt Lövsta av smittskyddsskäl på grund av den försöksdjursverksamhet som bedrivs där som inte får smittas. Idag trumkomposteras biomassan men eventuellt kommer den framöver gå till förbränning hos Vattenfall, till en kostnad på 2 250 kr/ton, det vill säga omkring nio miljoner årligen.

Om gödseln inte ligger under någon spärr på grund av allvarlig smitta så finns det inga restriktioner gällande att flytta den till en godkänd anläggning för hantering. Det finns grundkrav på transporten som alltid måste följas såsom krav på spårbarhet, krav på märkning av transport samt krav på registrerad transportör.

I dagsläget pyrolyseras inte denna typ av material varför det i ett senare steg kan vara lämpligt att provpyrolysera det i en önskad biokolpanna för att se huruvida en förbehandling som exempelvis pelletering är nödvändigt. Att gödseln innehåller mycket strö bör vara en fördel då mer biokol produceras jämfört med enbart en gödselfraktion. En del av medicinresterna kommer vidare att destrueras i processen.

TABELL 4: DATA ÖVER GÖDSEL FRÅN UNIVERSITETSDJURSJUKHUSET, ULTUNA (SLU).

Verksamhet	Volym container m^3	Ca antal hämtningar/år	Vikt gödsel kg/m^3	Summa gödsel (ton)	Summa Volym (m^3)	TS (ca) %
UDS (häst)	35	144	450	2268	5040	70
UDS (häst)	22	25	450	248	550	70
UDS (häst)	15	25	450	169	375	70
KV (ffa nöt)	35	93	500	1628	3255	60
			Summa/år	**4312**	**9220**	

Enligt Jordbruksverket klassas materialet som en animalisk biprodukt (ABP) varpå hanteringskraven är att den ska hygieniseras i 70 °C i minst en timme (Jordbruksverket, 2021). Då biokolproduktion inte är en standardiserad hanteringsmetod behöver processen valideras och anläggningen anmälas och

godkännas till en mindre kostnad (Jordbruksverket, 2021). Valideringsprocessen innebär att anläggning och process beskrivs i ansökan till Jordbruksverket varpå man ska kunna visa hur anläggningen fungerar och att metoden motsvarar hygieniseringskraven. Man kan räkna med att det tar ungefär 4 månader från det att ansökan till Jordbruksverket lämnats in tills att den blivit godkänd. I de fall man börjar tillverka biokol innan valideringen är klar är en rekommendation att spara biokolet till dess att godkännandet gått igenom. Biokolprocessen med temperaturer på vanligen 600 – 850°C i mellan 15 min och 3 timmar bör utan problem uppfylla kraven från Jordbruksverket varför ett godkännande ej bedöms svårt att få.[4]

4.5 Park- och trädgårdsris för biokolproduktion

Ultuna och Alnarp har campus med parkområden vars skötsel genererar park- och trädgårdsris (PoT). Mängden PoT är i detta steg inte helt kartlagd men når med största sannolikhet inte upp till de mängder som krävs för att enskilt stå för biomassan till en biokolpanna. Merparten av allt parkris i Alnarp transporteras i dagsläget till närmaste avfallsstation, Sysav, där det lämnas som trädgårdsavfall. Grövre grenar flisas på plats och används sedan som flis i gångar och liknande. SLU Alnarp har kontakt med omkringliggande kommuner, exempelvis Lomma, som innehar restmaterial i form av parkklipp och alger och tång där pyrolys av det senare innebär innovationsarbete.

Som material kan park- och trädgårdsris passa bra för biokolproduktion eftersom det är en svårnyttjad resurs för energiproduktion på grund av risken för orenheter och det varierande energivärdet samt att det är en träråvara med relativt hög kolhalt. I Sverige tittar flera kommuner på att nyttja park- och trädgårdsris för biokolproduktion.

4.5.1 Stockholm Vatten och Avfall

Stockholm Vatten och Avfall använder park- och trädgårdsris till sin biokolproduktion i Bromma. Dock har det visat sig att materialet orsakat utmaningar. Stockholm Vatten och Avfall har en kontinuerlig biokolpanna från Pyreg som ställer krav på största storlek på ingående partiklar som är en utmaning. På grund av risken för orenheter som sten i park- och trädgårdsris finns risk att flismaskiner slits hårt, varför man med fördel använder en kross i stället. Varken en kross- eller flismaskin kan dock garantera att alla bitar finfördelas varför långa stickor kan förekomma. På grund av långa stickor som fastnar i inmatningen siktar Stockholm Vatten och Avfalls biomassan. Även fukthalten varierar under årstiderna och med inkommande material och därmed torkas även biomassan.

4.5.2 Telge Återvinning

Telge Återvinning i Södertälje använder sitt park- och trädgårdsris för biokolproduktion. För att minska behovet av att förbehandla materialet har de valt att köpa en batchvis biokolpanna från Earth Systems i stället för en kontinuerlig process. De klipper och trycker ner riset i stora korgar där maximal längd på grövre stockar får vara 1,8 m. Processen har visat sig ställa krav på fördelning av biomassan in för att den ska kunna förkolas jämnt.

4.6 Flis för biokolproduktion

Flis köps i dagsläget in till SLU:s befintliga pannor i Uppsala och på Gotland. Flis kan till viss del även produceras från egen biomassa i Uppsala och Skara.

[4] Informationen i stycket framkom i telefonsamtal med Susanne Liljenström, smittskyddshandläggare på Djurhälsoenheten, Jordbruksverket, den 13-12-21.

När det kommer till användning av flis för biokolproduktion är det en homogen biomassa som sällan orsakar problem i produktionen. Flis är ett dyrare alternativ med fördelen att logistikkanaler redan finns. Den har dock alternativ avsättning och skulle kunna bedömas som ett komplement till andra vedartade biomassor för biokolproduktion i eventuella perioder av brist.

5 Krav på site för biokolproduktion

Nedan listas aspekter, utan prioriteringsordning, som är viktiga att ta hänsyn till vid val av placering, eller site, för biokolproduktion. Dessa har vägts in vid kartläggning av SLU:s siter.

1. Logistiska förutsättningar. Siten ska ha tillräckligt med plats för både transportfordon att leverera biomassa, alternativt att den hanteras på plats, och lasta biokol samt förflyttning av biomassa och biokol på siten i de olika stegen av produktionsprocessen.
2. Platsen bör beroende på typ av biokolteknik vara bemannad under hela eller delar av dagen.
3. Om närliggande verksamheter har hjullastare/grävmaskin som kan nyttjas i biokolproduktionen vid behov är det en stor fördel.
4. Omgivande verksamhet. Siten bör väljas så att omgivande verksamheter inte störs av produktionens lokala miljöpåverkan.
5. Beaktande av brandrisker. Pga. risk för brand bör siten planeras så att ev. risk för spridning minimeras.
6. Ytans beskaffenhet. En biokolpanna bör stå på vågrät mark och behovet av markarbete är kostnadsdrivande.
7. Avstånd till fjärrvärme eller byggnader. Om avsikten är att sälja värme bör biokolpannan placeras så nära avsättningen för värme som möjligt.
8. Befintliga anslutningar. Beroende på biokolpanna behövs olika anslutningar; el, dagvatten, processvatten och ev. startgas.
9. Särskilda tillstånd kan behövas beroende på val av material för biokolproduktion, såsom gödsel, där biokolproduktion inte är en standardiserad hanteringsmetod av animaliska biprodukter.

För att välja placering för sin biokolproduktion bör man även bestämma hur offentlig man vill att den ska vara. Vill man använda biokolproduktionen som ett verktyg för att kommunicera utmaningar och lösningar kring klimat och miljö, för att engagera invånare att lämna in mer trädgårdsris, för att inspirera andra kommuner och företag till att se över biokolproduktion? I dessa fall finns en fördel att placera biokolproduktionen på en plats där det rör sig mycket människor och där det är enkelt att bygga en kommunikativ miljö med skyltar och där studiebesökare kan röra sig på ett säkert sätt. En mer central placering ökar dessutom chansen att det finns avsättning för producerad värme. Vill man däremot sköta biokolproduktionen mer avskilt ökar chansen att hitta en för produktionen lämplig placering om man inte tar hänsyn till besökare. En mindre central placering längre från annan verksamhet underlättar tunga transporter och minskar risken för att störa grannar med lukt från biomassalager eller buller från fordonsrörelser.

5.1 Kriterier från SLU

Det primära syftet med denna förstudie är SLU:s miljömål att kompensera för verksamhetens utsläpp. Satsningen handlar således om att kunna tillgodogöra sig kolsänkan från biokolproduktionen i första

hand. Önskemål har även uttryckts i form av att den ska ha ekonomisk bärighet och att det finns utrymme för kunskapsackumulering relevant för ett lärosäte av SLU:s slag. En smidig produktionsprocess med närhet till såväl campus som potentiella samarbetspartners och kunder för att klara ekonomimålen har därför identifierats som relevanta kriterier. Utöver detta har man inom ramen för förstudien identifierat intressanta biomassor inom SLU:s egen verksamhet som skulle kunna påverka valet av site.

5.2 Siter

Baserat på de krav som ställs på placering av biokolproduktion och de kriterier och önskemål som framkommit från SLU har intressanta siter sammanställts och utvärderats i tabell 5.

TABELL 5: PRESENTERAR OCH UTVÄRDERAR DE SITER SOM UNDER FÖRSTUDIEN HAR IDENTIFIERATS SOM INTRESSANTA. FÄRGER GRÖNT, ORANGE OCH RÖTT ÄR EN FÖRENKLAD INDIKATION GÄLLANDE SITENS LÄMPLIGHET I FÖRHÅLLANDE TILL BIOKOLPRODUKTION. GRÅ INDIKERAR ATT FULLSTÄNDIG INFORMATION SAKNAS.

Kriterier	Kungsängen, Uppsala	Lövsta Bläckhornet, Uppsala	Ultuna, Uppsala	Skara	Röbäcksdalen, Umeå	Gotland	Alnarp
Logistiskt utrymme	Mycket trafik på plats	Behöver byggas ut. Lagertält finns	Ingen uppenbar yta, kräver platsbesök för kartläggn. av site	Ja, ytor finns	Begränsade etableringsmöjligheter	Något begränsade etableringsmöjligheter	Ja, vid nedlagd fodersiloavd. ca 500 kvm
Bemanning	Ej fast (från Lövsta)	Ja, teknisk grupp. Ny panna kräver fler anställda		Otillräckligt. Tre pers. på skog & jordbruk	Nej	Begränsad	Ja, forskare & tekniker. Ny panna kräver fler anställda
Maskiner	Potentiellt	Lastmaskiner m.m.		Traktorer & skotare		Ja	Ja, maskinpark
Campus	Ultuna	Ultuna	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja
Markytans lämplighet	Kräver troligen markarbete på jordbruksmark	Hårdgjorda ytor		Grusplaner	Anses ej aktuellt		Lämplig
Existerande värmeavsättning	Eget fjärrvärmenät	Eget fjärrvärmenät, stallar & fastigheter	Ingen uppenbar	Durstallar (Götala), spannmålstork & outhyrda bostadshus (Lanna), egen fjärrvärme (Brogården)	Fjärrvärmenät	Spannmålstork (4v/år), ev lantbruksgymnasiet Gröncentrum 5 km bort	Värmesystem beh. moderniseras. Köper in värme. Närmaste fjv-anläggn. 2–3 km bort
Befintlig panna	Rosterpannor: 400 & 800 kW	Rosterpannor: 1 MW & 600 kW (ev. utöka m. 2 MW Bläckhornet)	Nej	Oljepanna. Berg-/luftvärmepannor.	Nej	Flispanna Akron BIO 400+ & varmlufts-panna 650-950 kW. Berg-/luftvärme	Nej
Övrigt	Samarbetsmöjl. Uppsala kommun. Pot. tillgång till egen skogsråvara	Samarbetsmöjl. Uppsala kommun. Pot. tillgång till egen skogsråvara. Hyresgäster Bläckh. beh. ev. hanteras.	Tillgång t. utmanande biomassa (gödsel & ströblandning fr. djursjukhus) – kräver hantering	Skara Energi för värmeavsättning, annars tunt värmeunderlag. Sköter egen skog	Forskar på bränslen. Stålindustri m.m. Intresse av forskn. & anv. men ej av panna	Tunt underlag för ny panna. Intresse av forskn. & anv.	Stort intresse med potentiellt delvis egen biomassa (park- o trädgårdsris)

Goda förutsättningar

Mindre bra förutsättningar

Utmanande förutsättningar

Information saknas

Tabell 5 ger en översiktlig kartläggning av Kungsängen (Uppsala), Lövsta Bläckhornet (Uppsala), Ultuna (Uppsala), Skara, Röbäcksdalen (Umeå), Gotland och Alnarp. Siterna bedömdes i ett tidigt skede vara de som är aktuella för kartläggning av potentialen att etablera biokolteknik på.

Kungsängen är ett framtida försäljningsobjekt men troligen inte i närtid. En del egna utvecklingsprojekt sker på plats.

I Lövsta Bläckhornet finns ett behov av att utöka energimängden och en ny 2 MW panna i Bläckhornet är planerad till och med eldningssäsongen 2023. På plats finns fjärrvärmenät och skorsten. Förutsättningarna för en biokolpanna här är till synes goda men externa hyresgäster behöver eventuellt hanteras. Ytterligare personal bedöms behöva anställas för drift av biokolpanna; detsamma gäller för samtliga siter. För verksamheten i Lövsta finns ett miljötillstånd, se avsnitt 7.3 för tillstånd som gäller vid biokolproduktion.

Vad gäller omställningsmöjligheter för de befintliga pannorna (se avsnitt 6.4) i Lövsta kan en sådan anses utmanande då det är gemensam inmatning till 600 kW som 1 MW pannan. Vid intresse för omställning skulle det krävas en närmare undersökning av pannorna för att avgöra huruvida det är möjligt att genomföra.

Ultuna kräver en mer ingående utredning för att kartlägga huruvida etableringsmöjligheter finns. Indikationer har framkommit som pekar på att det troligen saknas plats för logistik och hantering. Däremot har Ultuna gödsel från djursjukhuset och Institutionen för Kliniska vetenskaper vilket anses vara en problembiomassa som är intressant för biokolproduktion, se avsnitt 4.4. Denna skulle potentiellt kunna transporteras till Lövsta Bläckhornet för biokoltillverkning där.

I Ultuna leder SLU och Akademiska Hus arbetet med att ta fram ny campusplan, föranlett av stadens framtida expansion (SLU, 2021c). Detta sker i samarbete med Uppsala kommun, som också visat intresse för samarbete kring kunskapsutveckling om biokolproduktion och biokolanvändning. Att etablera biokolproduktion i Ultuna måste synkas med campusplanen. Ultuna har pedagogiska fördelar med sin närhet till såväl forskning, undervisning och samverkan med regionala aktörer och intresserad allmänhet.

I Alnarp är potentialen och intresset för en biokolpanna stort och satsningen skulle passa väl in i deras forskning och samverkan med grön näring för att skala upp olika projekt. Man ser även en potential för satsningen att komma den lokala utbildningsverksamheten till godo. Det krävs troligen samarbete med lokalt energibolag för att lösa värmeavsättningen. Även i Skara krävs ett samarbete med Skara Energi.

Gotlands värmebehov är lågt vilket sänker förutsättningarna för en biokolpanna och Umeå har nyligen tagit bort pannor och bytt till fjärrvärme samtidigt som intresset för en ny panna är lågt.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att Alnarp och Lövsta Bläckhornet har bäst förutsättningar för etablering av biokolteknik. I Lövsta Bläckhornet finns utrymme och behov av att utöka energimängd medan Alnarp har logistiska förutsättningar och ett starkt intresse. Ultuna är intressant då det här genereras gödsel som är kostsam att hantera och ekonomiska incitament finns för att överväga biokolproduktion av denna, se tabell 3. Alnarp, Lövsta Bläckhornet och Ultuna valdes ut av SLU för att

ingå i det fördjupande caset. Det fördjupande caset innebär att budgetkalkyler gjorts för siterna, se avsnitt 10.1, *Bilaga 1* och *Bilaga 2*.

6 Introduktion till biokolteknik

Marknaden för biokolpannor är ung. Det finns ett fåtal leverantörer i Europa som i dagsläget kan visa upp ett större antal referenser. De urvalskriterier som använts för att välja ut intressanta biokolpannor till denna förstudie är:

- Biokolpannans kapacitet ska anpassas efter tillgänglig biomassa och dess potential att fungera som baslast,
- Framför allt kontinuerlig teknik bedöms intressant med tanke på aktuell biomassa och behovet av värme men batchteknik exkluderas inte i rapporten,
- Biokolpannan ska vara godkänd för svenska förhållanden,
- Biokolpannan ska ha flertalet referenser.

Kontinuerlig process innebär, med dagens befintliga teknik, att biomassan förs genom reaktorn med en skruv, så kallad skruvreaktor (ca 40–700 kW; 50 – 560 ton biokol/år). Det finns även utveckling av kontinuerliga processer med roterande ugnar, men de är inte färdiga för marknaden i detta skede. Batchvisa biokolpannor fylls med biomassa och töms när förkolningen är klar. Det innebär lägre krav på ingående biomassa men svårare att nyttja värmen på grund av intermittent värmeproduktion (3 MW; ca 400 ton biokol/år). Nedan presenteras ett urval av leverantörer av biokolpannor som har teknik som uppfyller urvalskriterierna ovan.

6.1 Biokolteknik kontinuerlig

6.1.1 BioMaCon

BioMaCon är ett tyskt företag som startades utanför Hamburg, men som nu har stora delar av tillverkningen i Sverige. BioMaCons första kund i Sverige, Hjelmsäters gård, är nu även återförsäljare. BioMaCon säljer sin biokolpanna i olika storlekar men samtliga med samma kontinuerliga skruvprocess. Kapaciteten på biokolpannorna går att reglera; till exempel kan den minsta pannan, C160, regleras inom intervallet 80–160 kW (Hamilton, 2020).



FIGUR 12: BIOMACON C160 (FOTO: ECOTOPIC AB).

I tabell 6 listas data för BioMaCons vanligaste biokolpannor.

TABELL 6: DATA FÖR PYREG P150 (RENSMANN, 2018).

Parameter	Data
Fysisk storlek	Ca 2,6 m bred x 6,2 m lång x 2,1 m hög (C160) Ca 5,2 m bred x 10,3 m lång x 2,8 m hög (C400)
Inmatad biomassa (flis)	760 ton/år (C160), 1900 ton/år (C400) (vid fukthalt 20%)
Godkänd fraktionsstorlek	<60mm och så homogen som möjligt
Godkänd fukthalt	<35% fukt, 20–25% optimalt
Utmatad biokol	146 ton TS/år (C160), 364 ton TS/år (C400)
Värmeeffekt	160 kW eller 400 kW
Drifttimmar	8 000 h/år
Produktionstemperatur	Ca 700°C
Budgetpris	4 120 000 kr exkl. kringutrustning (C400)
Övrigt	BioMaCons pannor byggs enligt ekodesignkravet EN303-5.

6.1.2 Pyreg

Pyreg är ett tyskt företag som ursprungligen bildades från ett universitetsprojekt att hantera avloppsslam. De har anläggningar av olika storlek som klarar av olika typer av biomassor. Anläggningarna ställer höga krav på biomassans fraktionsstorlek och fukthalt. Den anläggning som Stockholm Vatten och Avfall har i Högdalen är en Pyreg PX500. Man har utvecklat anläggningen till att servas färre gånger med filter. Den första av Pyregs större anläggning, PX1500, levererades till svenska företaget Skånefrö (Rensmann, 2018). I tabell 7 listas data för Pyregs biokolpannor PX500 och PX1500.



FIGUR 13: PYREG.

TABELL 7: DATA FÖR PYREG PX500 (RENSMANN, 2018).

Parameter	Data
Fysisk storlek	3 m bred x 9 m lång x 2,8 m hög (biokolpanna PX500) 3 m bred x 3 m lång x 2,8 hög (teknikmodul PX500) 3 m bred x 13 m lång x 5,8 m hög (biokolpanna PX1500) 3 m bred x 6 m lång x 5,8 m hög (teknikmodul PX1500)
Inmatad biomassa	1400 ton/år P500, 4100 ton/år P1500
Godkänd fraktionsstorlek	<60mm och så homogen som möjligt
Godkänd fukthalt	<35% fukt
Utmatad biokol	190 ton TS/år P500, 560 ton TS/år P1500
Värmeeffekt ut	150 kW PX500, 750 kW PX1500
Produktionstemperatur	Ca 700°C
Drifttimmar	7 500 h/år
Budgetpris	PX500 - 9 000 000 kr, PX1500 - 18 700 000 kr inklusive in- och utmatning.
Övrigt	Klarar utsläppskrav för ekodesignkravet EN303-5

6.2 Biokolteknik batch

6.2.1 Earth Systems

Earth Systems är ett företag baserat i Australien. För att bekämpa invasiva växter utvecklade de en mobil biokolpanna som kunde lyftas av och på en lastbil. Pannan byggs i en container och finns i storlekarna FPP20 och FPP40. Dock är prisskillnaden relativt liten, varför företaget i framtiden kommer satsa på den större varianten. Earth Systems bygger även kontinuerliga processer i olika storlekar då kallat CPP. De kontinuerliga processerna är en relativt ny verksamhet och därmed har man inte så många referenser.

Biomassan packas i korgar med hjälp av hjullastare eller grävmaskin, vilket enligt Earth Systems tar ca 30 min men då krävs det att biomassan är grovkrossad eller på något sätt förbehandlad för att få i den i korgarna. För att all biomassa ska förkolas får inte biomassan packas för tätt. Det gör att processen inte kan hantera finfördelat material som till exempel flis. Istället kan obehandlad biomassa som till exempel park- och trädgårdsris hanteras obehandlad. Totalt kan en batchpanna av modellen FPP40 hantera ca 38 kubik biomassa per batch.

Hemsida
www.ecotopic.se

Telefon
076-2436548
073-7651448

E-mail
lotta@ecotopic.se
mattias@ecotopic.se

Postadress
Dragtorpsvägen 27
618 32 Kolmården



FIGUR 14: EARTH SYSTEMS BIOKOLPANNA FPP40 (FOTO: ECOTOPIC AB).

I tabell 8 listas data för Earth systems biokolpanna FPP40.

TABELL 8: DATA FÖR EARTH SYSTEMS.

Parameter	Data
Namn biokolpanna	FPP40
Fysisk storlek	Ca 2,5 m bred x 12 m lång x 2,9 m hög
Inmatad biomassa	1 000 – 6 000 ton/år (beror på hur man fyller korgar och antal batcher per dag)
Godkänd fraktionsstorlek	150 mm diameter och 1 800 mm lång
Godkänd fukthalt	<25% fukt (50–60% går men kräver mer startenergi och tid)
Utmatad biokol	200–1 200 ton/år
Värmeeffekt	Ca 2,5 MW medel under en batch
Utmatad värme	5 000–10 000 MWh/år
Produktionstemperatur	<500°C
Drifttimmar	1–2 batcher per dag, 5 dagar i veckan i 45 veckor
Startenergi	Biodiesel
Budgetpris	ca 5 MSEK
Övrigt	Kan göra 1–3 batcher/dag. Operatörstimmar ca 2h/batch. Earth systems tork är av samma storlek som pannan. Fylla korgar ca 4-6h/dag.

6.3 Andra tekniktillverkare

Utöver de tekniker som presenteras ovan finns fler företag med inga eller väldigt få referenser, men som är bör kontaktas i ett upphandlingsskede. Dessa företag heter C. H. Evensen Industriovner AS, Standard Bio, Carbofex, Carboner, PUHI, Zazz Energy of Sweden, TECAM och Syncraft.

Norska C. H. Evensen Industriovner AS har byggt ugnar sedan 1937. Carbofex är ett finskt företag som utvecklat en egen biokolpanna som producerar ett biokol av mycket hög kvalitet. Norska Standard Bio levererar kompletta produktionssystem från förbehandling och inmatning av biomassa till utmaning och eventuell efterbehandling av biokolet. Standard Bio kan ta fram olika koncept beroende på biomassans beskaffenhet. De har fått beställning på två anläggningar i Norge. Carboner är ett finskt företag som utvecklat en mindre batchteknik med ved som startbränsle istället för till exempel gas

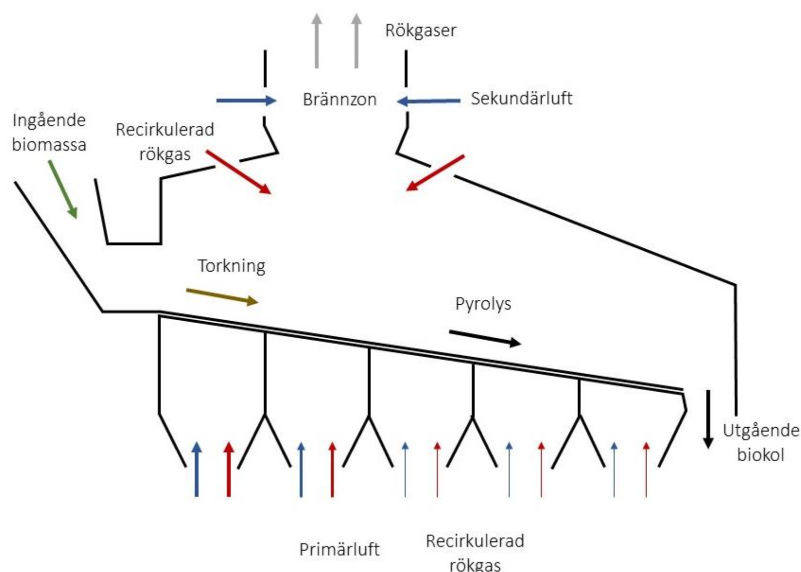
eller el. PUHI är också finska; ett startup på gång med att börja producera biokol och leverera biokolpannor. Zazz Energy of Sweden är ett svenskt företag med kinesisk teknik och med fokus på förgasning och elproduktion men som ännu saknar referenser. TECAM är ett spanskt företag som har levererat en biokolpanna med roterande ugnteknik Helsingfors kommunalägda avfallsbolag med fokus på hantering av avloppsslam. Syncraft är ett schweiziskt företag som utvecklat en förgasare som producerar el, värme och biokol från träråvara.

Det är viktigt att poängtera att marknaden för biokolpannor är ung. Standarder saknas vilket gör att tekniken på marknaden skiljer sig kraftigt åt. Leverantörerna som företag är ofta unga och små vilket gör att de kan ha svårt att uppnå krav som kan ses som standard i upphandlingar. Dock utvecklas marknaden kontinuerligt med nya aktörer och med fler referensanläggningar som tas i drift.

6.4 Omställning av befintlig panna

Ett alternativ till investering i ny biokolteknik är att ställa om en befintlig rosterpanna till biokolproduktion. Omställningen kan reverseras och alltså kan pannan återgå till ursprungsinställningar om så önskas. Omställning av pannor ges ett allt växande fokus i Sverige och insatsen är ekonomiskt fördelaktig jämfört med investering i ny biokolpanna. Det krävs en närmare undersökning av den specifika pannan för att kartlägga processen och om en omställning är möjlig. En ungefärlig prisbild för den här typen av utredning av panna ligger på ca 10 – 20 000 kr och kan genomföras med hjälp av samarbetspartners till EcoTopic.

Det förs även diskussion med en pannleverantör som kan resultera i att det finns möjlighet att ställa om en ny rosterpanna innan leverans.



FIGUR 15: SCHEMATISK BILD ÖVER OMSTÄLLD PANNA (ECOTOPIC AB).

Under arbetet med rapporten har det framkommit att Gotland har en stor halmpanna som ej används och behöver hanteras. Pannan skulle behöva flyttas till annan ort och det kan ej fastställas inom ramen för förstudien huruvida den är lämplig för omställning till biokolproduktion, varför den inte övervägts vidare. I Lövsta finns befintliga pannor där beräkning gjorts i fördjupande case på omställning (se

bilagor). Då pannorna har gemensam bränsleinmatning kan en omställning anses utmanande men handlingsalternativet presenteras ändå mot bakgrund av den ekonomiskt fördelaktiga potentialen.

6.5 Kringutrustning

Beroende på vald leverantör ingår olika delar i biokolpannan. I vissa fall kan det dock vara en fördel att köpa egen utrustning eftersom till exempel inmatningsteknik, utmatning och torkar som används i många olika branscher, har leverantörer i Sverige och kan därmed köpas till bättre pris än direkt från biokolteknikleverantören. För prisberäkningar, se *Bilaga 1* och *Bilaga 2*.

6.5.1 Inmatningsutrustning

För att föra biomassa från en lagringsplats och in i biokolpannan behövs någon typ av inmatningsutrustning. Designen kan skilja sig åt och anpassas bäst efter de behov och förutsättningar som finns på den specifika platsen. Inmatningsutrustning behövs i många verksamheter och det finns därför ett stort urval av inmatningsutrustningar på marknaden.

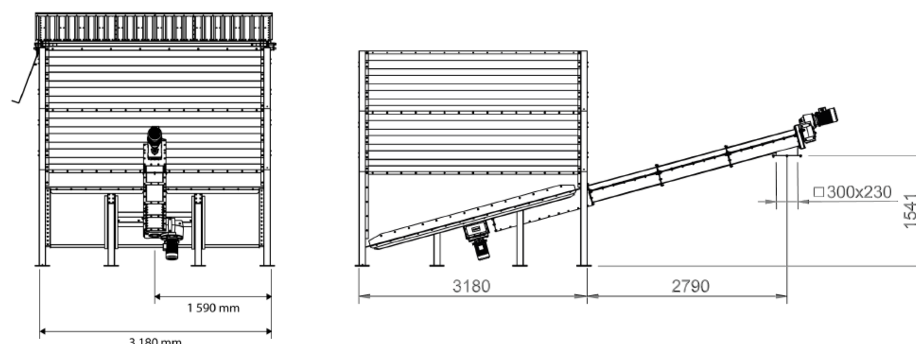
- Inmatningsutrustningen bör vara av enkel och robust teknik. Ha i åtanke att biomassa kan slita hårt på materialet och även fastna.
- Inmatningen bör ha bra omrörning för att minska risk att biomassan valvar sig.
- Vatten och snö i anläggningen kan skapa problem med fastfrysning och is speciellt vid temperaturomslag vintertid. Inmatningen och biokolpannan kan med fördel stå under tak men finns inte den möjligheten så vidta åtgärder för att minska risken för att regn och snö kommer in i anläggningen, exempelvis kan inmatningen täckas med lock.
- Inmatningsutrustningen bör inte vara konformad eftersom det ökar risken för valvning.
- Inmatningsutrustning med s.k. ”walking floor” kan vara bra för problematiska material för att minska risken för valvning.

Baserat på punkterna ovan beskrivs ett exempel på inmatningsutrustning som uppfyller önskemål för produktion av biokol. Beroende på val av biokolpanna kan inmatningsutrustningen behöva anpassas med avseende på kapacitet och anslutningar.

6.5.1.1 Exempel på inmatningsutrustning

Ett flisförråd med inmatning från Akron är av enkel design utvecklat för att kunna hantera såväl torrt som blött flis. Påfyllning görs ovanifrån med hjullastare. Risken för valvning motverkas genom en kraftfull omrörare. Utmatningsskruven finns i standardlängder 3 och 4 meter från flisförrådets vägg, men kan även göras längre. Flisförrådet kan beställas med tak för att förhindra att vatten och snö kommer in i anläggningen.

Hemsida	Telefon	E-mail	Postadress
www.ecotopic.se	076-2436548	lotta@ecotopic.se	Dragtorpsvägen 27
	073-7651448	mattias@ecotopic.se	618 32 Kolmården



Figur 16: Inmatningssystem från Akron (Akron, u å).

Företaget Gotfire levererar ett inmatningssystem med så kallat walking floor. Det innebär att biomassan flyttas mot en inmatningsskruv eller -band genom att hela golvkonstruktionen rör sig. Lösningen är mycket robust och tål att en hjullastare kör på golvet. Detta är en bra lösning om man har en befintlig lagerbyggnad (Gotfire, u å). Det finns även leverantörer som danska REKA som levererar walking floor lösningar som monteras i befintlig byggnad (REKA, 2014).

6.5.2 Tork

Beroende på biomassans egenskaper och biokolpannans krav kan det finnas behov av en tork. Två alternativ är en extern tork som integreras i biokolproduktionslinan eller en plantork som torkar biomassan där den lagras. Hjelmsäters Egendom har installerat en extern tork från Akron och Stockholm Vatten och Avfall har även de denna lösning.



Figur 17: Extern tork från Akron (Foto: EcoTopic AB).

6.5.3 Efterbehandling

Beroende på biokolpanna matas biokolet ut på olika sätt, till exempel med en transportskruv eller -band. Därefter kan biokolet efterbehandlas för att möta krav för hantering och användning. Efterbehandling av biokolet kan till exempel vara paketering i storsäck, container eller påse eller inblandning med till exempel näring till olika produkter. Det finns många alternativ för paketeringsutrustning på marknaden. Nedan listas några aspekter som är viktiga att ta hänsyn till:

- Beroende på biokolpanna kan biokolet släckas med vatten, vilket gör att det är mer eller mindre blött när matas ut.
- Biokol kan slita hårt på material så all utrustning bör vara robust.
- Blött biokol kan lätt fastna.

Hemsida www.ecotopic.se
Telefon 076-2436548 073-7651448
E-mail lotta@ecotopic.se mattias@ecotopic.se
Postadress Dragtorpsvägen 27 618 32 Kolmården

6.5.3.1 Exempel på storsäcksfyllare

För utmatning av biokolet erbjuder vissa leverantörer egna lösningar, vilka i flera fall är system för storsäcksfyllning.



FIGUR 18: STORSÄCKSPÅFYLLARE BIOMACON (FOTO: ECOTOPIC AB)

Biokolet kan även matas ut direkt i en container. Det är viktigt att tänka på att när man lägger en större mängd biokol i en container kan det bli varmt i mitten, vilket kan resultera i att biokolet börjar glöda. Därmed är det viktigt att biokolet kyls ordentligt med antingen vatten, näringslösning eller kompostmaterial.

7 Beskrivning av eventuella tillstånd

Nedan beskrivs regler och tillstånd som kan vara gällande vid etablering av biokolproduktion. Det är viktigt att komma ihåg att kunskapsnivån om biokol och biokolproduktion bland myndigheter och tillståndsorgan vanligtvis är låg. Det är därför av vikt att kontakta dessa i god tid. Vad gäller eventuella tillstånd för biomassa tas dessa upp i de fall som de identifierats nödvändiga i avsnitt 4.

7.1 Bygglov

Beroende på val av biokolpanna kan bygglov vara aktuellt eller inte. En flyttbar biokolpanna kräver med stor sannolikhet ej bygglov.

7.2 Skorstenens höjd

Enligt Boverkets riktlinjer måste minsta höjd på skorstenen bestämmas. Skorstenens höjd syftar till att få bort rökgaser från omgivande verksamheter (Boverket, 2018). En teknisk specialist utför spridningsberäkningen för att bestämma skorstenens höjd.

7.3 Miljöprövning för biokolpanna

I flertalet fall har miljöprövningarna kommit fram till att biokolpannor med kapacitet 500 kW – 20 MW (ej fossilt bränsle) ska klassas som anmälningspliktig C med verksamhetskoden 40.60 (Regeringskansliet, 2013). Eftersom pannorna hanterar gasen direkt i anslutning förkolningsreaktorn är de mer lika en ”vanlig” förbränningspanna.

Det som kan påverka klassningen ovan är om biomassan anses vara ett avfall.

7.4 Lagen om offentlig upphandling

I egenskap av statlig myndighet lyder SLU under lagen om offentlig upphandling (LOU) innebär det att det krävs en upphandling av biokolpannan.

7.5 Övrigt

Kol (eng. charcoal) är klassat som en kemikalie inom EU. Det innebär att man som producent måste certifiera sig enligt REACH. Eftersom kol, grillkol och biokol, har olika kemiska sammansättning beroende på biomassa och produktionsprocess går det inte att sätta en och samma beteckning för alla kol. Idag pågår en diskussion huruvida biokol ska ingå i REACH eller ej eftersom det först och främst är

ett jordförbättringsmedel. Parallellt pågår en process för att inkludera biokol i EU:s gödselförordning. Biokol förväntas inkluderas som appendix när förordningen träder i laga kraft år 2022.

8 Mervärden egen biokolproduktion

De mervärden som identifierats kopplat till att SLU har en egen biokolproduktion är:

- Satsningen genererar kolsänkor, dvs. klimatnytta,
- Potential att hantera restmaterial genom att skapa en nyttig produkt, dvs. miljönytta,
- Kommunikation relaterat till klimat och hur koldioxidutsläpp hanteras internt,
- Potential att räkna hem pannan över tid,
- Hållbar värmeproduktion,
- Egenproducerat biokol kan ha en roll inom SLU:s forsknings- och utbildningsverksamhet (se 8.1 nedan),
- Biokol kan säljas och bidra till ekonomisk förtjänst,
- Biokol kan användas som jordförbättrare och bl.a. bidra till indirekt minskning av utsläpp genom potentiell reducering av växthusgasutsläpp från åkermark efter biokolapplicering (Celander & Söderqvist, 2021).

8.1 Biokolproduktion som underlag för SLU:s forskning & undervisning

Forskning med en egen biokolanläggning skulle kunna vara värdefullt till exempel för att undersöka hur biokolkvalitet beror på kombinationen av råvara och produktionsförhållanden, att optimera produktionen för önskad biokolkvalitet, och att kunna få tillgång till homogent och välkaraktäriserat biokol för försök inom olika användningsområden. För undervisningen ger en egen biokolanläggning tillgång till praktisk kunskap på campus och möjlighet att använda anläggningen och biokolet i laborationer och fältstudier i kurser och självständiga arbeten. Med en egen anläggning kan man också lättare visa upp biokol i olika typer av externa kontakter med till exempel företag, kommuner och allmänheten.

Genom att anläggningen används för forskning och utbildning får driftsorganisationen tillgång till SLU:s hela biokolexpertis vilket kommer att ha betydelse både för problemlösning och för att identifiera nya möjligheter som inte är uppenbara på förhand, vilket också bör ha ekonomiskt värde för anläggningens drift och utveckling på sikt.

9 Alternativ till egen biokolproduktion

För att få tillgång till kolsänka från biokol utan egen produktion finns tre huvudsakliga alternativ; inköp av biokol inklusive kolsänka, inköp av kolsänkecertifikat och köp av Kolkontrakt. Se bilagor för kalkyler.

9.1 Köp av biokol inklusive kolsänka

Ett alternativ till egen biokolproduktion är inköp av biokol. Viktigt att notera är att då syftet med förstudien är att SLU ska uppnå klimatkompensation är det vid inköp av biokol avgörande att tillhörande kolsänka medföljer och att denna är certifierad genom EBC C-sink eller Puro.earth.

9.2 Köp av kolsänkecertifikat

Det går även att köpa enbart kolsänkecertifikat från biokol, men tyvärr är mycket av dessa certifikat redan köpta. Det behövs därmed betydligt mer biokolproduktion för att tillgodose behovet av både den fysiska produkten biokol och den relaterade kolsänkan.

9.3 Köp av kolkontrakt

För att möta behovet och efterfrågan på kolsänkecertifikat har Biokolprodukter Global AB (systerbolag till EcoTopic) utvecklat Kolkontraktet; en svensk produkt där kunden ingår förköp av framtida biokolproduktion. Förköpet möjliggör att exempelvis en lantbrukare får möjlighet att investera i en biokolpanna för att starta upp produktion och över tid producera det biokol och den kolsänka som köparen förbeställt. Kolkontraktet skapar förutsättningar för fler att påbörja produktion av biokol, exempelvis de lantbrukare som har stort intresse av biokol, restprodukter för tillverkning och användning av biokolet inom egen verksamhet. På så vis skapas kolsänkor och en jordförbättringsprodukt där den gör nytta och satsningen har potential att stimulera landsbygden. Köparen av Kolkontraktet har dessutom möjlighet att lämna önskemål om geografisk placering av ny produktion och få värdefullt kommunikationsunderlag. Vid intresse hos SLU skulle man även kunna erbjuda möjlighet att få tillgång till produktionen för studiebesök och utbildning och därmed till viss del kunna ersätta vissa av fördelarna med egen produktion.

9.4 Mervärden med alternativ till egen produktion

De mervärden som identifierats kopplat till alternativen ovan är:

- Stimulerar marknaden för kolsänkor vilket genererar klimatnytta,
- Kräver ingen större ekonomisk investering,
- Biokolet kan ha en roll inom SLU:s forsknings- och utbildningsverksamhet genom både inköp av biokol och Kolkontrakt,
- Biokolet kan användas som jordförbättrare och bl.a. bidra till indirekt minskning av utsläpp genom potentiell reducering av växthusgasutsläpp från åkermark efter biokolapplicering (Celander & Söderqvist, 2021),
- Köp via Kolkontraktet innebär en stor möjlighet att stötta lantbruket och jordbrukare att komma i gång med biokolproduktion.

Vid inköp av biokol har produkten möjlighet att användas i laborationer och fältstudier inom forskning, i kurser och självständiga arbeten. Vid köp av Kolkontrakt kan man i utbildningssyfte anordna besök vid produktionssite för kunskapsackumulering.

9.5 Samarbete med extern part för biokolproduktion

Ytterligare alternativ till uppstart av egen biokolproduktion samtidigt som klimatkompensation uppnås kan vara att samarbeta med extern part. Det kan handla om en lokal lantbrukare som vill investera i en biokolpanna eller att en aktör som exempelvis Kraftringen i Alnarp eller Skara energi har en befintlig panna som de önskar ställa om för biokolproduktion varpå SLU levererar biomassan. Avtal tecknas mellan parter för hantering av biokol och den kolsänka som produceras.

9.5.1 Mervärden

- Flera aktörer engagerar sig i satsningen vilket innebär delat ansvar,
- Restprodukter inom SLU:s verksamhet ges avsättning,

- Satsningen är mindre kostsam än vid ensam investering i (ny) teknik,
- Satsningen genererar kolsänkor, dvs. klimatnytta,
- Biokolet kan ha en roll inom SLU:s forsknings- och utbildningsverksamhet,
- Biokol kan säljas och bidra till ekonomisk förtjänst,
- Biokol kan användas som jordförbättrare och bl.a. bidra till indirekt minskning av utsläpp genom potentiell reducering av växthusgasutsläpp från åkermark efter biokolapplicering (Celander & Söderqvist, 2021).

10 Kostnadskalkyl baserad på budgetpriser

Budgetkalkylen baseras på budgetofferter från leverantörer av pannor och erfarenhetsvärden och bör därför ses som en prisuppskattning. Kostnadsposter som inte går att prissätta eller uppskatta utan att välja specifik site lämnas tomma för ifyllnad i ett senare skede av projektet. Se *Bilaga 1. Budgetkalkyl biokolproduktion SLU* och *Bilaga 2. Budgetkalkyl biokolproduktion inkl. Klimatklivet SLU*.

10.1 Fördjupande case

Under förstudiens gång landade inriktningsbeslutet i att de fördjupande casen skulle inkludera Lövsta Bläckhornet, Alnarp och Ultuna för vilka budgetkalkyler tagits fram, se bilagor. För information om siterna, se avsnitt 5. För information till biomassor, se avsnitt 4.

Den typ av biokolteknik som har identifierats lämplig utifrån de kriterier som SLU har är i första hand en skruvmatad teknik för samtliga siter, respektive omställning av panna för Lövsta. De ekonomiska beräkningarna i budgetkalkylerna är baserad på en BioMaCon då pannan har flera referenser och mest erfarenhet finns kring den i Sverige i dag. Detta har bedömts fördelaktigt när det kommer till investering i ny biokolteknik lämplig för SLU då uppfattningen råder att man inte önskar inta en innovatörsroll i form av oprövad biokolteknik.[5] Det är möjligt att beslut om biokolpanna i ett senare steg blir en annan modell. Se avsnitt 6 för information om biokolteknik.

Nedan illustreras kortfattade översikter om de tre siter som valdes ut för fördjupande case med respektive sites främsta styrkor och svagheter.

10.1.1 Lövsta Bläckhornet

 Lövsta Bläckhornet

 Skruvmatad teknik och omställning av panna

 Barkborreflis, flis, GROT, gödsel (UDS)

Se tabell 9 för Lövsta Bläckhornets främsta styrkor och svagheter.

[5] Man kan argumentera för att omställning av rosterpannor är en slags innovation men omställningen reversibel och kostnaden är betydligt lägre jämfört med ny biokolteknik. Beslut om huruvida omställning är möjligt tas efter undersökning av specifik panna.

Tabell 9: Lövsta Bläckhornets huvudsakliga styrkor och svagheter när det kommer till biokolproduktion.

Styrkor	Svagheter
Existerande behov av utökad energiproduktion	Omställning: kräver först undersökning av pannor. Kan finnas möjlighet att istället införskaffa fabriksomställd rosterpanna
Fjärrvärmenät för värmeavsättning finns	Behöver anställa extra personal för drift
Tillgång till egen skogsråvara	
Samarbetsmöjligheter Uppsala	
Omställning: billigare satsning	
Kan eventuellt motta gödsel från Ultuna	

10.1.2 Alnarp

 Alnarp

 Skruvmatad teknik

 PoT, flis, GROT

Se tabell 10 för Alnarps främsta styrkor och svagheter.

Tabell 10: Alnarps huvudsakliga styrkor och svagheter när det kommer till biokolproduktion.

Styrkor	Svagheter
Passar väl in i deras forskning & samverkan inom grön näring för att skala upp olika projekt	Kräver samarbete med lokalt energibolag
Mycket goda platsförutsättningar	Ej tillräckliga mängder egen biomassa – kräver inköp/samarbete
Stort lokalt intresse	Behöver anställa extra personal för drift
Goda förutsättningar att bidra till utbildningsverksamheten med närhet till campus	
Lokala kommuner har tillgång till material (alger och tång) som skulle kunna ligga till grund för innovationsarbete och nyskapande forskning i ett senare skede	

10.1.3 Ultuna

 Ultuna

 Skruvmatad teknik

 Gödsel (UDS)

Se tabell 11 för Ultunas främsta styrkor och svagheter.

Hemsida www.ecotopic.se
Telefon 076-2436548 073-7651448
E-mail lotta@ecotopic.se mattias@ecotopic.se
Postadress Dragtorpsvägen 27 618 32 Kolmården

TABELL 11: ULTUNAS HUVUDSAKLIGA STYRKOR OCH SVAGHETER NÄR DET KOMMER TILL BIOKOLPRODUKTION.

Styrkor	Svagheter
Tillgång till problematiskt material som kan passa för biokolproduktion	Indikationer finns på att det råder platsbrist för logistik och hantering. Platsbesök krävs för bättre kartläggning av site
Höga ekonomiska incitament då gödseln blir kostsam att hantera	Ingen uppenbar avsättning för värmen
Pedagogiska fördelar med närhet till forskning, undervisning och samverkan med regionala aktörer och intresserad allmänhet	

10.2 Finansieringsstöd

Det nationella finansieringsprogrammet Klimatklivet sköts av Naturvårdsverket och Länsstyrelsen. Programmet kan ge investeringsstöd till insatser som minskar vår negativa påverkan på klimatet.

Utvärderingen av ansökningar till Klimatklivet utgår från kvoten besparad CO_2-ekvivalent per investerad krona. Merparten av de biokolpannor som finns i drift i Sverige idag har fått investeringsstöd genom Klimatklivet.

Utlysningar publiceras löpande beroende på gällande nationell budget. Detaljerad information om Klimatklivet finns här: https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Bidrag/Klimatklivet/.

10.2.1 SLU:s förutsättningar för investeringsstöd från Klimatklivet

Vid kontakt med Länsstyrelsen bekräftades SLU:s möjligheter att söka stöd från Klimatklivet. [6] Erfarenhetsmässigt är det vanligt att större organisationer som söker för biokolproduktion får ca 40% av gällande investeringskostnader. Ur ett ekonomiskt perspektiv måste ett eventuellt bidrag från Klimatklivet jämföras med intäkten från sålt biokol. Blir SLU beviljade Klimatklivet måste merparten av biokolet användas inom egen verksamhet under minst 15 år, det vill säga teknikens tekniska livslängd. Se *Bilaga 2* för ekonomisk översikt.

11 Nästa steg

Förstudien är en inledande kartläggning över SLU:s förutsättningar att starta egen biokolproduktion. Syftet är att rapporten ska utgöra underlag för SLU att avgöra om egen biokolproduktion ska vara en del av strategin för att nå de uppsatta målen om att bli en klimatneutral verksamhet till 2027. Efter förstudien rekommenderas en fördjupad informationsinhämtning i form av studiebesök vid biokolpannor, besök vid tänkta siter på SLU och möjligen provpyrolysering samt analys av gödselbiomassa. Vidare tas kontakt med intressenter och andra relevanta parter exempelvis lokala energibolag. Detta ger underlag till investeringsbeslut och upphandling varpå en detaljprojektering kan göras.

[6] Kontaktperson Emma Ejerhed, Länsstyrelsen Uppsala län.

ECO TOPIC
DO GOOD BE GOOD FEEL GOOD

12 Referenser

Akron. (u å). *Spannmålshantering, Fläktlösningar och produkter för Biobränsle*. Hämtat från https://www.akron.se/sv/ den 17 09 2021

Boverket. (2018). *Skorstenshöjd och placering av skorsten*. Hämtat från https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/forbranningsgaser/skorstenshojd/

Budai, A., Zimmerman, A., Cowie, A., Webber, J., Singh, B., Glaser, B., . . . Joseph, S. (2013). *Biochar Carbon STability Test Method: An assessment of methods to determine biochar carbon stability.* International Biochar Initiative. Hämtat från https://www.biochar-international.org/wp-content/uploads/2018/06/IBI_Report_Biochar_Stability_Test_Method_Final.pdf den 14 12 2021

Celander, F., & Söderqvist, H. (2021). *Miljönyttomodell - Kartläggning av systemeffekter av biokol i lantbruket.* Hushållningssällskapet. Hämtat från https://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2020/08/kolsanksratter-miljonyttomodell-kartlaggning-av-systemeffekter-av-biokol-i-lantbruket.pdf den 8 12 2021

Deng, J., Xiong, T., Wang, H., Zheng, A., & Wang, Y. (2016). Effects of Cellulose, Hemicellulose, and Lignin on the Structure and Morphology of Porous Carbons. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 3750-3756. doi:10.1021/acssuschemeng.6b00388

EBC. (2012). *European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar.* European Biochar Foundation (EBC). Hämtat från https://www.european-biochar.org/media/doc/2/version_en_9_3.pdf den 17 09 2021

EBC. (u å). *EBC GUIDELINES & DOCUMENTS FOR THE CERTIFICATION*. Hämtat från https://www.european-biochar.org/en/ct/2-EBC-guidelines-documents-for-the-certification den 27 12 2021

EUR-Lex. (2019). *Comission Implementing Regulation (EU) 2019/2164*. Hämtat från https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R2164 den 17 09 2021

Gotfire. (u å). *Klimatsmart värme*. Hämtat från https://www.gotfire.se/index.php/sv/ den 17 09 2021

Gustafsson, M. (2013). *Pyrolys för värmeproduktion.* Hämtat från https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:655188/FULLTEXT01.pdf den 18 09 2021

Hamilton, E. (2020). BioMaCon Sweden. (M. Gustafsson, Intervjuare)

IBI. (2021). *Recently published biochar-related resources*. Hämtat från https://myemail.constantcontact.com/Recently-Published-Biochar-related-Resources--October-2021-.html?soid=1130041240013&aid=I-p30absQ2I den 28 10 2021

Jordbruksverket. (2021). *Gödningsmedel och jordförbättringsmedel med animaliskt innehåll*. Hämtat från https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/godningsmedel-och-jordforbattringsmedel-med-animaliskt-innehall#h-Saljaochdistribuera den 13 12 2021

Joseph, S., Cowie, A. L., Van Zwieten, L., Bolan, N., Budai, A., Buss, W., . . . Lehmann, J. (2021). *How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar.* John Wiley & Sons Ltd. doi:10.1111/gcbb.12885

Joseph, S., Taylor, P., & Cowie, A. (u å). *Choosing a Biochar Reactor to Meet Your Needs*. Hämtat från https://biochar.international/guides/biochar-reactor-to-meet-needs/#introduction den 17 09 2021

Karlsson, C. (2019). *Utvärdering av potential hos organiska restmaterial för avsättning i form av biokol.* KTH Kungliga Tekniska Högskolan. Hämtat från http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1351195&dswid=-4336 den 19 09 2021

Parmar, A., Nema, P. K., & Agarwal, T. (2014). Biochar production from agro-food industry residues: a sustainable approach for soil and environmental management. *Current science, 107*(25), 1673-1682. Hämtat från https://core.ac.uk/download/pdf/153317069.pdf

Regeringskansliet. (2013). *Miljöprövningsförorningen*. Hämtat från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/_sfs-2013-251/#K29 den 14 06 2019

REKA. (2014). *Welcome to REKA*. Hämtat från https://www.reka.com/en/ den 17 09 2021

Rensmann, M. (den 26 11 2018). Sales. (M. Gustafsson, Intervjuare)

Rest till Bäst. (u å). *Pyrolys*. Hämtat från https://biokol.org/hur-fungerar-det/pyrolys/# den 28 09 2021

Schmidt, H.-P. (2012). *55 Uses of Biochar.* Ithaka Journal. Hämtat från http://www.ithaka-journal.net/druckversionen/e082012-55-uses-of-bc.pdf den 18 09 2021

Schmidt, H.-P. (2018). Biochar and PyCCS included as negative emission technology by the IPCC. *The Biochar Journal*. Hämtat från https://www.biochar-journal.org/en/ct/94 den 17 09 2021

Schmidt, H.-P., Hagemann, N., Abächerli, F., Leifeld, J., & Bucheli, T. (2021). Protecting the Climate with Biochar. *Agroscope Science*. Hämtat från https://www.agrarforschungschweiz.ch/en/2021/06/protecting-the-climate-with-biochar/ den 19 09 2021

SLU. (2017). *SLU vill vara ett klimatneutralt universitet inom tio år*. Hämtat från https://www.slu.se/ew-nyheter/2017/11/slu-vill-vara-ett-klimatneutralt-universitet-inom-tio-ar/ den 17 09 2021

SLU. (2021a). *SLU svarar på frågor om granbarkborre*. Hämtat från https://www.slu.se/forskning/kunskapsbank/ekologi/slu-svarar-pa-fragor-om-granbarkborre/ den 31 01 2022

SLU. (2021b). *Orter där SLU har verksamhet*. Hämtat från https://www.slu.se/om-slu/orter/ den 19 09 2021

SLU. (2021c). *Campusplan för Ultuna*. Hämtat från https://internt.slu.se/stod-service/lokaler-campus/campusutveckling/campusplan-ultuna/ den 31 01 2022

Stockholm Exergi. (2020). *Stockholm Exergi vill skapa minusutsläpp tillsammans med sina kunder*. Hämtat från https://www.stockholmexergi.se/nyheter/stockholm-exergi-vill-skapa-minusutslapp-tillsammans-med-sina-kunder/ den 17 09 2021

Stockholm VA. (2019). *Stockholm Vatten och Avfall*. Hämtat från https://www.stockholmvattenochavfall.se/en/current-projects/development/biochar/#!/international-prize den 17 09 2021

Sun, X., Shan, R., Li, X., Pan, J., Liu, X., Deng, R., & Song, J. (2017). Characterization of 60 types of Chinese biomass waste and resultant biochars in terms of their candidacy for soil application. *GCB Bioenergy*, 1423-1435. doi: 10.1111/gcbb.12435

Söderqvist, H. (2019). *Carbon Stability of Biochar.* Stockholm: KTH . Hämtat från http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1334635/FULLTEXT01.pdf den 28 10 2021

Telge Energi. (u å). *Klimatnytta från Södertälje*. Hämtat från https://telgeenergi.se/privat/kundservice/nyheter/klimatnytta-fran-sodertalje/ den 17 09 2021

Tomczyk, A., Sokolowska, Z., & Boguta, P. (2020). *Biochar physiochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects.* Reviews in Environmental Science and Biotechnology. doi:https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3

Wilson, K. (2014). *How biochar works in soil.* Arbaz, Schweiz: The Biochar Journal. Hämtat från The Biochar Journal: https://www.biochar-journal.org/en/ct/32-How-biochar-works-in-soil den 17 09 2021

Bilaga 1. Budgetkalkyl biokolproduktion SLU

Beräkningarna nedan har utförts med följande indata. Drifttimmar per år 7000. Biokolpris 5000 kr/ton. Pris Kolsänkan 450kr/ton koldioxidekvivalent. *Pris värme 700 kr/MWh. Priserna nedan för flis är angivna av Mellanskog där flis kostar 222 kr/MWh, grot 200 kr/MWh och barkborreskadad skog 114 kr/MWh. Observera att dessa är beräknade utifrån omräkningstabeller för flis för att få samma enhet.* För case Alnarp och Lövsta används ett spann för användning av flis respektive barkborreskadad skog. För Lövsta omställning används pris för flis eftersom det köps in idag. *Siffrorna kring omställning av befintlig panna ska ses som uppskattade och behöver verifieras med en mindre utredning.*

INVESTERING

Kostnadspost	Alnarp (tkr/år)	Lövsta (tkr/år)	Lövsta omställning (tkr/år)	Ulltuna (tkr/år)	Kommentar
Biokolpanna inkl kringutrustning	4 810	4 810		4 810	Källa: EM Biovärme AB BioMaCon C400.
Tork	1 000	1 000		1 000	Kimberly Berglöf, Refarm Linné (2020) Biokol i Jönköping – för naturen klimatet och människorna.
Panncentral inkl markarbeten och betongplatta	2 300	2 300		2 300	Källa: EM Biovärme AB.
Installation, montering och inkoppling	1 650	1 650	500 - 1 000	1 650	Källa: EM Biovärme AB. EcoTopic AB omställning panna.
Transport	150	150		150	Källa: EM Biovärme AB BioMaCon C400.
Certifiering European Biochar Certificate	25	25	25	25	EBC Biochar
Delsumma	9 935	9 935	525 - 1 025	9 935	
SUMMA	**9 935**	**9 935**	**525 - 1 025**	**9 935**	
Oförutsett	**10%**	**10%**	**10%**	**10%**	
SUMMA	**10 929**	**10 929**	**577 -1 128**	**10 929**	

DRIFT

Kostnadspost	Alnarp (tkr/år)	Lövsta (tkr/år)	Lövsta omställning (tkr/år)	Ulltuna (tkr/år)	Kommentar
Operatör	120	120	120	120	Personalkostnad baserad på 600 000 SEK/år 20% tid. Källa BioMaCon och EcoTopic
Maskintid utan operatör	221	221	221	221	Källa BioMaCon Sweden och SLU, 980 kr/h. EcoTopic antigit 1h/dag, 5 dagar i veckan i 45 veckor påyllnad och hantering biokol.
Underhåll, reservdelar	120	120	60	120	Källa BioMaCon Sweden. EcoTopic omställd panna.
Biomassa	450 - 886	450 - 886	886		Källa SLU och Mellanskog (kr/m^3). Ulltuna gödsel.
Storsäck à 1,5 kbm	118	118	229	118	Källa www.sackgrossisten.se/storsackar.html
El	42	42	42	42	1,5 kr/kWh, 4kW/år. Källa SLU
EBC-certifiering	25	25	25	25	Källa: EBC
Ränta på lån (1,5%)	164	164	9-17	164	Källa: EcoTopic AB
SUMMA	**1 260 - 1 696**	**1 260 - 1 696**	**1 590 -1 600**	**809**	

INTÄKT

Intäktspost	Alnarp (tkr/år)	Lövsta (tkr/år)	Lövsta omställning (tkr/år)	Ulltuna (tkr/år)	Kommentar
Biokol	800-1600	800-1600	1500-3100	800-1600	Källa EcoTopic. Försäljning 50-100%
Kolsänka	0-360	0-360	0-700	0-360	Koldioxidkvot ca 2,5 koldioxidekv/ton biokol. Försäljning 0-100% Källa EcoTopic
Värme	1 470	1 470		1 470	Beräknat marknadspris om 700kr/MWh och att 0- 25% av energin går till att torka biomassan. EcoTopic och SLU
Minskad kostnad biomassa				3 274	Källa: Vattenfall kostnad förbränning 2250 kr/ton ABP Kategori 1
SUMMA	**2270 - 3430**	**2270 - 3430**	**1500 - 3800**	**5 544 - 6704**	

	Alnarp (tkr/år)	Lövsta (tkr/år)	Lövsta omställning (tkr/år)	Ulltuna (tkr/år)
INVESTERING	10 929	10 929	577 -1 128	10 929
DRIFTKOSTNAD	1 260 - 1 696	1 260 - 1 696	1 590 -1 600	809
INTÄKT	2270 - 3430	2270 - 3430	1500 - 3800	5 544 - 6704
PAY BACK (förenklad)	5 - 6 år	5 - 6 år	3 mån	2-3 år
Skapad kolsänka (ton CO_2-ekv./år)	796	796	1547	796

	Inköp av biokol inkl. kolsänka	Köp av kolsänkecertifikat	Köp av Kolkontrakt
INKÖPSPRIS	10 000 kr/ton	1 000 - 2 000 kr/ton CO_2-ekv.	1 200 kr/ton CO_2-ekv.

Bilaga 2. Budgetkalkyl biokolproduktion inklusive klimatklivet SLU

Beräkningarna nedan har utförts med följande indata. Drifttimmar per år 7000. Biokolpris 5000 kr/ton. Pris Kolsänkan 450kr/ton koldioxidekvivalent. *Pris värme 700 kr/MWh. Priserna nedan för flis är angivna av Mellanskog där flis kostar 222 kr/MWh, grot 200 kr/MWh och barkborreskadad skog 114 kr/MWh. Observera att dessa är beräknade utifrån omräkningstabeller för flis för att få samma enhet.* För case Alnarp och Lövsta används ett spann för användning av flis respektive barkborreskadad skog. För Lövsta omställning används pris för flis eftersom det köps idag. *Siffrorna kring omställning av befintlig panna ska ses som uppskattade och behöver verifieras med en mindre utredning.*

INVESTERING

Kostnadspost	Alnarp (tkr/år)	Lövsta (tkr/år)	Lövsta omställning (tkr/år)	Ulltuna (tkr/år)	Kommentar
Biokolpanna inkl kringutrustning	4 810	4 810		4 810	Källa: EM Biovärme AB BioMaCon C400.
Tork	1 000	1 000		1 000	Kimberly Berglöf, Refarm Linné (2020) Biokol i Jönköping – för naturen klimatet och människorna.
Panncentral inkl markarbeten och betongplatta	2 300	2 300		2 300	Källa: EM Biovärme AB.
Installation, montering och inkoppling	1 650	1 650	500 - 1 000	1 650	Källa: EM Biovärme AB. EcoTopic AB omställning panna.
Transport	150	150		150	Källa: EM Biovärme AB BioMaCon C400.
Certifiering European Biochar Certificate	25	25	25	25	EBC Biochar
Delsumma	9 935	9 935	525 - 1 025	9 935	
SUMMA	**9 935**	**9 935**	**525 - 1 025**	**9 935**	
Oförutsett	**10%**	**10%**	**10%**	**10%**	
SUMMA	**10 929**	**10 929**	**577 -1 128**	**10 929**	
Klimatklivet	**40%**	**40%**		**40%**	Källa EcoTopic. Trolig stödnivå 40%. Omställning beviljas sannolikt inte pga för kort återbetalningstid.
SUMMA INKL. KLIMATKLIVET	**6 557**	**6 557**		**6 557**	

DRIFT

Kostnadspost	Alnarp (tkr/år)	Lövsta (tkr/år)	Lövsta omställning (tkr/år)	Ulltuna (tkr/år)	Kommentar
Operatör	120	120	120	120	Personalkostnad baserad på 600 000 SEK/år 20% tid. Källa BioMaCon och EcoTopic
Maskintid utan operatör	221	221	221	221	Källa BioMaCon Sweden och SLU, 980 kr/h. EcoTopic antigit 1h/dag, 5 dagar i veckan i 45 veckor påyllnad och hantering biokol.
Underhåll, reservdelar	120	120	60	120	Källa BioMaCon Sweden. EcoTopic omställd panna.
Biomassa	450 - 886	450 - 886	886		Källa SLU och Mellanskog (kr/m^3). Ulltuna gödsel.
Storsäck à 1,5 kbm	118	118	229	118	Källa www.sackgrossisten.se/storsackar.html
El	42	42	42	42	1,5 kr/kWh, 4kW/år. Källa SLU
EBC-certifiering	25	25	25	25	Källa: EBC
Ränta på lån (1,5%)	164	164	9-17	164	Källa: EcoTopic AB
SUMMA	**1 260 - 1 696**	**1 260 - 1 696**	**1 590 -1 600**	**809**	

INTÄKT

Intäktspost	Alnarp (tkr/år)	Lövsta (tkr/år)	Lövsta omställning (tkr/år)	Ulltuna (tkr/år)	Kommentar
Biokol	0 - 635	0 - 635	1500-3100	0 - 635	Källa EcoTopic. Försäljning 0-40%
Kolsänka	0-140	0-140	0-700	0-140	Koldioxidkvot ca 2,5 koldioxidekv/ton biokol. Försäljning 0-40% Källa EcoTopic
Värme	1 470	1 470		1 470	Beräknat marknadspris om 700kr/MWh och att 0- 25% av energin går till att torka biomassan. EcoTopic och SLU
Minskad kostnad biomassa				3 270	Källa: Vattenfall kostnad förbränning 2250 kr/ton ABP Kategori 1
SUMMA	**1 470 - 2 245**	**1 470 - 2 245**	**1500 - 3800**	**4 740 - 5 515**	

	Alnarp (tkr/år)	Lövsta (tkr/år)	Lövsta omställning (tkr/år)	Ulltuna (tkr/år)
INVESTERING KLIMATKLIVET	6 557	6 557	577 -1 128	6 557
DRIFTKOSTNAD KLIMATKLIVET	1 260 - 1 696	1 260 - 1 696	1 590 -1 600	809
INTÄKT KLIMATKLIVET	1 470 - 2 245	1 470 - 2 245	1500 - 3800	4 740 - 5 515
PAY BACK (förenklad) KLIMATKLIVET	ej återbetald - 7 år	ej återbetald - 7 år	3 mån	1,5-2 år
Skapad kolsänka (ton CO_2-ekv./år)	796	796	1547	796